IULIAN GRINDEI

CHRISTOPHER CLARK

Să învățăm

FIZICA

plecînd de la experimente

MECANICA PENTRU GIMNAZIU

EDITURA ŞTEFAN PROCOPIU - Iaşi

1994

Dedicăm această carte gingaşilor pui de om care, prin curiozitatea şi inocenţa privirii ca şi prin ***energia*** *lor* ***cinetică*** *aflată într-o permanentă disipare, fac frumoasă meseria de profesor şi, totodată, cea de părinte.*

Autorii

IULIAN GRINDEI CHRISTOPHER CLARK

Să învăţăm FIZICA plecând de la experimente

Proiect pentru îmbogăţirea învăţării fizicii

mecanica pentru gimnaziu

EDITURA ŞTEFAN PROCOPIU - Iaşi
1993

CUPRINS

1. INTRODUCERE

Ideea scrierii acestei cărţi a venit în urma colaborării dintre cei doi autori în cadrul unui program special de pregătire a unei grupe de elevi din clasa a VII-a. Acest program a fost patronat de Ministerul Învăţământului, reprezentat prin Stelian Ursu şi George Enescu cărora autorii ţin să le aducă mulţumiri.

Profesorul englez Christopher Clark a găsit, prin orele de **„Tehnici de laborator în fizică”**, cadrul favorabil pentru dezvoltarea ideilor sale, idei care corespund metodologiei, conţinutului şi obiectivilor actuale ale învăţământului britanic (din considerente de accesibilitate, întregul material este prezentat în limba romană). Profesorii vor sesiza imediat maniera mai deosebită de prezentare a aspectelor legate de activităţile din laborator (experimente şi probleme conexe).

Profesorul Grindei Iulian a predat grupei de elevi obiectul **„Fizică”** redactând în prezenta lucrare o parte din teorie, problemele şi rezolvările lor; deasemenea s-a ocupat de ţinuta ştiinţifică a materialului prezentat.

Cei doi autori au colaborat permanent, schimbul lor de idei reprezentând, în final, un câştig al întregii lucrări.

Autorii mulţumesc în mod deosebit referenţilor acestei lucrări: domnului prof. Enescu George (Ministerul Învăţământului, membru în Comisia Naţională de Fizică), d-lui lector dr. Rusu Gheorghe (Cat. de Mecanică teoretică a Universităţii Iaşi) şi doamnei prof. Petruş Carmen (Liceul Internat Iaşi) pentru observaţiile pe care le-au făcut asu-

pra textului. Apariţia lucrării a fost posibilă şi datorită traducerilor şi discuţiilor asupra textului efectuate de doamna Sabina Săruleanu şi domnii profesori Andu Ouatu şi Nicolae Ţăranu, cărora autorii le sunt recunoscători.

Pentru condiţiile favorabile create apariţiei acestei lucrări, autorii mulţumesc I.S.J-Iaşi, reprezentat prin dl. prof. Lefter Octavian (inspector general) şi dl. prof. Anton Florin (inspector fizică) ca şi Liceului Naţional, reprezentat prin doamnele profesoare Doina Spiţă (director), Rodica Geangalău (director adjunct), Simon Georgeta (şef catedră fizică), şi domnului ing. Carpovici Gabriel, care au ajutat la rezolvarea multor probleme curente.

Cei doi autori adresează mulţumiri anticipate pentru orice observaţii utile asupra cărţii (pe care le puteţi trimite pe adresa indicată la sfârşitul lucrării).

1.1. INTRODUCERE PENTRU ELEVII CARE UTILIZEAZĂ ACEASTĂ CARTE LA ŞCOALĂ

Dacă folosiţi această carte pentru a vă iniţia în „TEHNICI DE LABORATOR IN FIZICĂ", atunci va trebui să efectuaţi majoritatea experimentelor descrise aici. Gândind şi efectuând experienţe veţi începe să înţelegeţi cum folosesc oamenii de ştiinţă experimentele în scopul de a găsi modalităţi din ce în ce mai perfecţionate pentru a descrie şi a explica lumea din jurul nostru şi chiar lumea îndepărtată - Universul.

Majoritatea lucrărilor practice pe care le veţi face vor consta în măsurători. Veţi avea însă şi probleme de

optimizare şi design,la care va trebui să vă gândiţi asemeni unui inginer ce are de realizat un lucru cu materiale limitate.

Uneori se vor da foarte multe explicaţii înainte de a începe un experiment. Alteori veţi începe doar urmând indicaţiile. După aceea veţi avea posibilitatea să vă gândiţi la ceea ce aţi făcut şi să explicaţi cele observate. Deseori, după aceste experimente, vor urma întrebări. Întotdeauna încercaţi să răspundeţi voi înşivă la aceste întrebări înainte de a citi mai departe. Doar gândind singuri răspunsurile vă veţi îmbogăţi treptat capacitatea de a înţelege şi veţi învăţa să fiţi un bun fizician.

Veţi efectua unul sau două experimente asemeni celor reale, când nu veţi fi siguri de cele ce se vor întâmpla. Veţi începe cu o idee generală sau ipoteză şi apoi veţi organiza un experiment pentru a o verifica.

1.2. INTRODUCERE PENTRU ELEVII CARE UTILIZEAZĂ CARTEA ACASĂ

Vă puteţi îmbunătăţi înţelegerea fizicii citind şi gândindu-vă la experimentele descrise aici. Încercaţi să vă închipuiţi că le faceţi şi gândiţi-vă la ceea ce credeţi că se va întâmpla. Unele experimente le puteţi improviza acasă (cu sticle, cărţi, monede etc). Vor fi destule pentru a vă trezi interesul pentru fizică (chiar şi în cazul în care sunteţi mai atraşi de profilul umanist).

În lucrare veţi găsi şi unele prezentări teoretice asupra fenomenelor de natură mecanică ce se studiază în

clasa a VII-a (cu unele extinderi pentru elevii interesaţi) precum şi un număr de probleme propuse şi rezolvate. Sperăm ca lucrarea, în totalitatea ei, să fie capabilă a vă provoca să luaţi parte la Olimpiadele de fizică.

Vă dorim mult succes !

1.3. INTRODUCERE PENTRU PROFESORI

Îndemânarea elevilor la folosirea atentă a aparaturii şi la măsurarea cu acurateţe sînt folositoare, dar nu şi cele mai importante aspecte care trebuie urmărite de profesor cînd aceştia efectuează experimente. Scopul principal este de a încuraja elevii să efectueze şi să se gândească la optimizarea experimentelor, de a le dezvolta înţelegerea intuitivă a fizicii şi abilitatea lor de a da explicaţii. Experimentele le dau timpul necesar să se gîndească şi să se concentreze.

Prezenta carte nu este doar un curs de practica lucrărilor de laborator ci pune accent pe modul în care trebuie conduse discuţiile şi dirijată gândirea elevilor.

Lucrând în grupe mici, elevii pot învăţa şi cum să coopereze şi să comunice într-un limbaj adecvat fizicii.

Explicaţiile au fost scrise ţinând seama de experienţa şi noţiunile pe care copiii le au deja despre lumea fizică, înainte ca ei să înceapă studiul sistematic al fizicii.

Deşi pe parcursul a două ore pe săptămână la obiectul "FIZICĂ" clasa a VII-a nu este prea mult timp disponibil, credem că unii profesorii vor găsi în lucrarea noastră unele idei pe care pe vor încerca a le introduce în lecţiile lor obişnuite.

Fără îndoială, fiecare profesor va adapta explicaţiile de la experimente în aşa fel încît să fie înţelese de clasa la care predă. O parte din explicaţii pot fi oferite prin întrebări adresate de către profesor (direct clasei, sau cu ironie socratică). Pentru mulţi profesori metoda experimentală poate fi reconsiderată: ascultaţi-i pe elevi, lăudaţi-le încercările, rezistaţi tentaţiei de a le spune de la bun început răspunsul. Urmărind cu atenţie explicaţiile şi experimentele elevilor, vă puteţi da seama mai bine de ce unii elevi nu înţeleg fizica în profunzime şi de ce fug de ea.

De fapt, la vârsta clasei a VII-a, marea majoritate a elevilor sunt foarte entuziaşti; trebuie doar ca profesorul, prin experimente interesante şi prin întrebări inteligent formulate, să capteze atenţia elevilor astfel încât ora de fizică să se desfăşoare cu o autentică plăcere.

Prezentarea teoretică a mecanicii într-un mod concis şi riguros este necesară elevilor pentru a le forma un limbaj ştiinţific corespunzător şi pentru a-i ajuta să atingă nivelul necesar rezolvării celor mai grele probleme.

Prin capitolele de teorie, prin experimentele şi problemele selectate pe care le conţine, lucrarea este concepută şi ca un **ghid al profesorilor** necesar pregătirii elevilor pentru Olimpiadele de fizică.

În forma actuală cartea este concepută a fi utilizată în paralel cu manualul de fizică; dacă se va dovedi utilă sperăm că va putea fi adaptată viitoarei programe de fizică şi transformată într-unul din manualele ce vor fi oferite, la alegere, elevilor.

2. SFATURI LA ÎNCEPUT DE DRUM

Efectuînd experimentele puteţi căpăta imaginaţia şi gîndirea unui fizician şi puteţi înţelege ce este fizica. Puteţi învăţa multe lucruri citind şi reflectînd asupra unor experimente, dar sigur veţi învăţa mai mult dacă efectuaţi aceste experimente.

2.1. SFATURI PENTRU SIGURANŢA ŞI SUCCESUL ACTIVITĂŢII ÎN LABORATOR

Respectarea măsurilor de PROTECŢIA (SIGURANŢA) MUNCII reprezintă modalitatea de a evita o vizită la spital; datorită neatenţiei au fost şi cazuri mortale în laboratoarele de fizică şcolare.

SUCCESUL înseamnă a descoperi ceva folositor în urma experimentelor voastre, a mări gradul de înţelegere al fenomentelor precum şi dragostea faţă de acest obiect.

SIGURANŢA şi SUCCESUL depind de grija şi concentrarea cu care, mânuind aparate şi făcând măsurători, lucraţi în laborator. Cele mai frecvente accidente în laboratorul şcolar sunt cauzate de împiedecarea de o servietă sau haină. Aveţi grijă cum le aşezaţi şi cum vă deplasaţi. Accidentele care pot avea loc în experimentele descrise în carte pot fi: spargerea unor obiecte din sticlă (inclusiv a termometrelor), deteriorarea unor aparate sensibile datorită unei întrebuinţări greşite, vărsarea unor lichide, loviri uşoare sau răniri. Urmaţi instrucţiunile care vi se dau, solicitaţi ajutorul atunci cînd nu sînteţi siguri cum să folosiţi un

instrument de măsurare şi, mai ales, evitaţi joaca şi glumele care pot conduce la accidente.

2.2. SFATURI PENTRU APLICAREA METODELOR EXPERIMENTALE

Metodele experimentale descrise în următoarele pagini nu trebuie memorate aşa cum memoraţi nume de râuri şi munţi. Ele de fapt sunt metode pe care voi trebuie să le folosiţi. Aplicându-le de mai multe ori până la sfârşitul anului şcolar, le veţi înţelege mai profund şI veţi căpăta îndemânarea de a şti singuri când şi cum pot fi folosite. Este exact ca atunci când, exersînd treptat, căpătaţi îndemînarea de a merge cu bicicleta.

2.3. OBSERVAŢIA

Cînd un om de ştiinţă efectuează un experiment este evident că el trebuie să privească ceea ce se întîmplă. În unele experimente însă, a privi nu este suficient. Experimentatorul trebuie să audă, să pipăie şi uneori chiar să miroasă. Aceste afirmaţii furnizate de simţurile noastre constituie OBSERVAŢIA. Experimentatorul trebuie să noteze imediat observaţiile sale deoarece nimeni nu are o memorie perfectă. Există însă o mare diferenţă între observaţiile pe care le face un experimentator şi observaţiile făcute de un poet, de exemplu. Trei mari poeţi care scriu despre aceeaşi pădure vor obţine trei descrieri diferite. Trei experimenta-

tori buni care efectuează acelaşi experiment vor face aceleaşi observaţii şi vor da descrieri similare. Desigur, nu există nici un motiv ca un mare experimentator să nu fie şi un mare poet. De fapt, poetul descrie sentimentele sale în legătură cu subiectul ales. Observaţiile experimentale reprezintă o descriere concretă a celor constatate prin simţuri. Observaţia şi înregistrarea (scrierea) observaţiilor este mult mai dificilă decît pare la prima vedere. Multe experimente nu au reuşit pentru că cel care le efectua a scris ceea ce el S-AR FI AŞTEPTAT SĂ OBSERVE, în loc să scrie ceea ce A OBSERVAT ÎN REALITATE. Marile descoperiri sunt rezultatul direct al unor experimente din care reieşeau observaţii neaşteptate. Deci, încercaţi întotdeauna să descrieţi exact ceea ce observaţi şi nu ceea ce v-aţi aştepta să observaţi.

2.4. MĂSURAREA

Un lucru important în timpul observaţiei este de a aprecia cât de mare este un obiect comparativ cu altul, care pasăre este mai rapidă, care elev este mai înalt, etc. Dacă vrem să descriem cât de mare este un obiect, noi îl comparăm cu un obiect pe care îl cunoaştem foarte bine. Operaţia de comparare a unei proprietăţi fizice cu o altă proprietate de acelaşi fel, cunoscută, se numeşte MĂSURARE. Dacă vrem să vedem cât de zgomotos este un sunet, atunci va trebui să comparăm acel sunet cu o „cantitate de zgomot" deja cunoscută, pe care o numim UNITATE DE ZGOMOT. Pentru a putea compara măsurători efectuate în diferite laboratoare şi

diferite ţări trebuie folosite aceleaşi unităţi. În acest „SISTEM INTERNAŢIONAL" (S.I.) oamenii de ştiinţă au căzut de acord ca 1 metru, 1 kilogram şi 1 secundă să fie unităţi pentru măsurarea distanţelor, maselor şi respectiv a duratelor.

2.5. CUM SĂ MĂSURĂM CU RIGLA

O riglă este un instrument folosit pentru măsurarea distanţei între două puncte. Acest lucru poate fi foarte simplu dacă rezolvăm corect unele probleme care apar frecvent.

2.5.1. Eroare de zero (apare când diviziunea zero nu este la capătul riglei)

Faptul că rigla este ruptă în dreptul diviziunii 9cm nu constituie o problemă. Dacă măsuraţi distanţa dintre două puncte (lungimea beţişorului din figura 2.1) puteţi pune capătul rupt al riglei lângă un capăt al beţişorului şi orienta rigla în lungul acestuia. Încercaţi să puneţi rigla cât mai aproape de obiectul măsurat. Distanţa dintre două puncte pentru care rigla indică 9cm respectiv 12,7cm este:

12,7 cm - 9,0 cm = 3,7 cm.

O problemă asemănătoare apare dacă diviziunea 0 nu este chiar la capătul riglei. Imaginaţi-vă că vreţi să măsuraţi înălţimea la care se află un corp pe planul

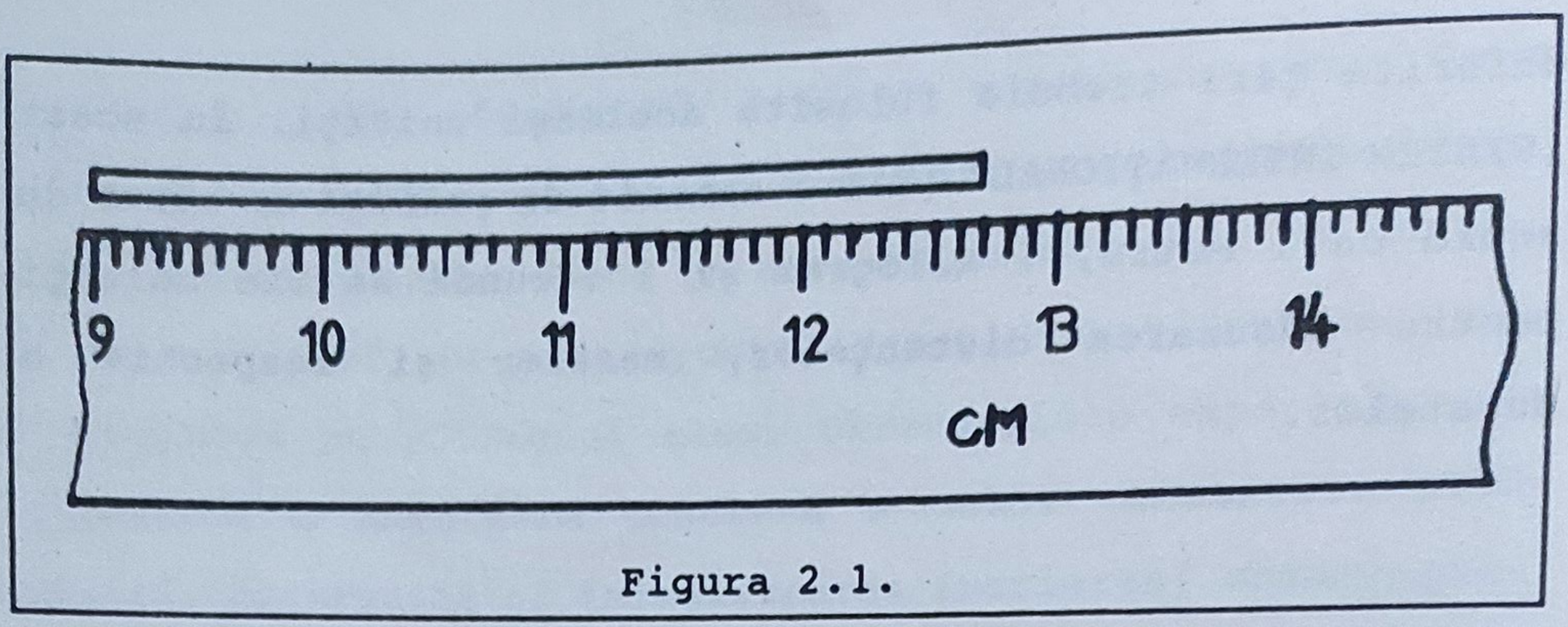


Figura 2.1.

înclinat (vezi figura 2.2.). La valoarea măsurată trebuie să adunaţi distanţa **d**, de la diviziunea 0 la marginea riglei. Această distanţă **d** care trebuie adunată sau scăzută se numeşte EROARE DE ZERO.

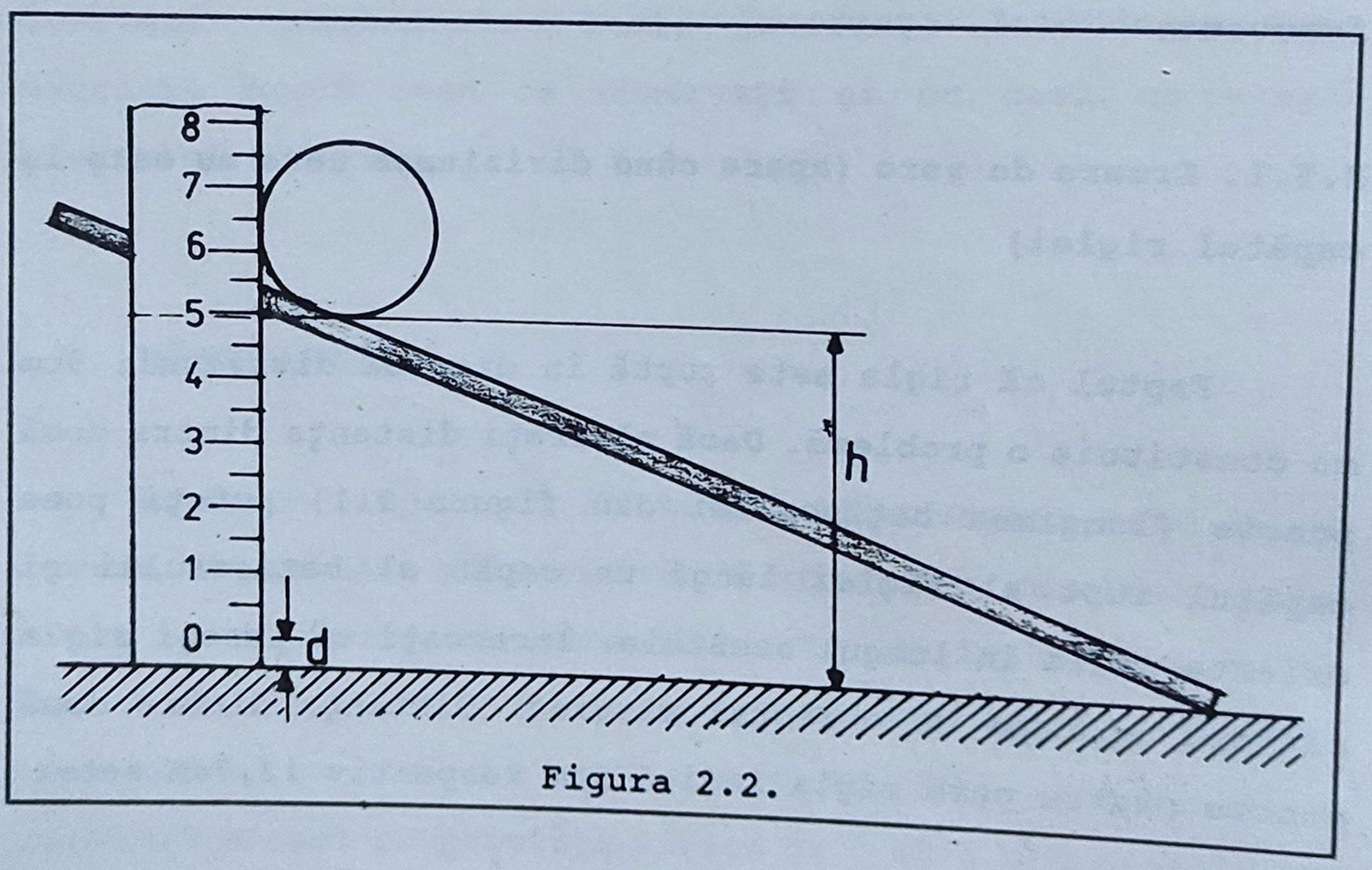


Figura 2.2.

2.5.2. Eroare de paralaxă

Pentru a măsura înălţimea unei sticle trebuie să ţineţi rigla vertical (vezi figura 2.3.); dacă priviţi cu

ochiul prea de sus (A) sau prea de jos (B), măsurătoarea va da o valoare mai mare sau mai mică faţă de înălţimea reală a sticlei. Pentru o măsurare corectă a înălţimii sticlei trebuie să aşezaţi ochiul la acelaşi nivel cu capătul sticlei. Cu alte cuvinte, o linie imaginară care uneşte capătul sticlei cu ochiul vostru trebuie să fie perpendiculară pe riglă.

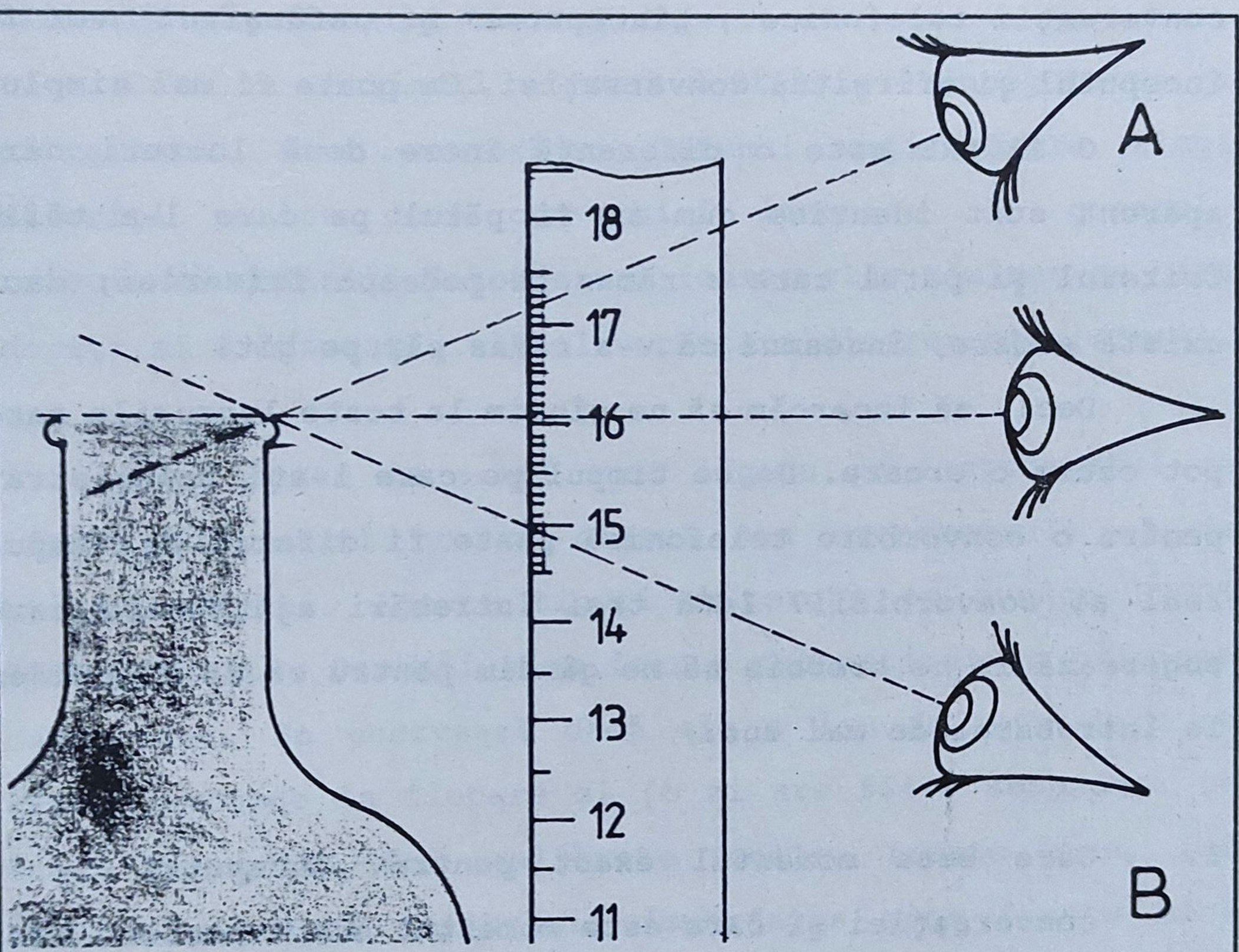


Figura 2.3.

Dacă o măsurătoare dă o valoare prea mare sau prea mică deoarece ochiul experimentatorului a fost aşezat greşit, spunem că există o EROARE DE PARALAXĂ.

Desigur, în acest exemplu, nu trebuie să uitaţi a lua în considerare şi eroarea de zero.

2.6. CUM SE MĂSOARĂ INTERVALELE DE TIMP

Dacă aveţi nevoie să măsuraţi un timp mai mare de 10 secunde, un ceas obişnuit cu secundar este destul de bun. Va fi un moment pentru început şi un moment pentru sfârşit şi veţi înregistra şi nota numărul secundelor de la „început" până la „sfârşit". Dacă doriţi să măsuraţi durata unei conversaţii telefonice , „începutul" şi „sfârşitul" vor fi începutul şi sfîrşitul conversaţiei. Ce poate fi mai simplu?

O EROARE este o diferenţă între două lucruri care aparent sunt identice cum ar fi părul pe care l-a tăiat frizerul şi părul care a rămas pe podeaua frizeriei; dacă există eroare, înseamnă că v-a rămas păr pe gît!

Deci, să încercăm să ne gîndim la toate lucrurile care pot cauza o eroare. De ce timpul pe care l-aţi înregistrat pentru o convorbire telefonică poate fi diferit de timpul real al convorbirii? Iată trei întrebări ajutătoare care sugerează la ce trebuie să ne gândim pentru ca să răspundem la întrebarea de mai sus:

1. Care este momentul exact pentru „începutul" conversaţiei şi care este momentul exact pentru „sfîrşitul" ei?

2. Calibrarea ceasului este sigură?

3. Ce puteţi spune despre timpul vostru de reacţie? (Acesta este timpul care trece din momentul la care se produce un eveniment şi până în momentul când citim indicaţia ceasului).

1. Începutul ar putea fi momentul când terminaţi de format ultima cifră, ar putea fi momentul când auziţi primul sunet de apel, sau când cealaltă persoană ridică receptorul, sau când îi auziţi vocea, sau când vorbiţi prima oară. Toate acestea sunt momente diferite. Puteţi alege pe oricare dintre ele drept moment de început şi aceasta va fi „definiţia" pentru începutul convorbirii. În acelaşi mod trebuie să definiţi şi sfârşitul convorbirii.

Dacă nu menţineţi aceeaşi definiţie a începutului şi sfîrşitului unei convorbiri, atunci veţi măsura timpi diferiţi pentru două convorbiri identice. În general, trebuie să definiţi întotdeauna foarte clar mărimea pe care doriţi să o măsuraţi, altfel vor apare discrepanţe (erori).

2. Alte surse de erori sunt legate de instrumentul de măsură (în cazul nostru ceasul sau cronometrul) şi de utilizarea lui. Aceste tipuri de erori se numesc ERORI INSTRUMENTALE. Oamenii sunt foarte pretenţioşi în privinţa ceasurilor. Se enervează dacă ele o iau înainte doar cu câteva secunde în fiecare zi (o zi are 86400 secunde). De aceea ceasurile sunt calibrate foarte, foarte bine, iar eroarea datorată calibrării imperfecte este foarte mică atunci când măsuraţi o perioadă de câteva secunde sau minute.

3. Majoritatea oamenilor au un timp de reacţie de aproximativ 0,2 secunde, ceea ce nu este foarte mult în comparaţie cu 10 secunde sau un minut. Deci, eroarea datorată timpului de reacţie este semnificativă doar atunci când măsuraţi timpi mai mici de câteva secunde.

2.7. CUM SE MĂSOARĂ MASELE CORPURILOR

De obicei, când vrem să facem un experiment care implică măsurarea masei putem folosi corpuri care au masele deja măsurate pentru noi. Acestea sunt discuri metalice cu masa de 10 g sau 100 g sau etaloanele din cutiile cu mase marcate. (Care sunt motivele pentru care etaloanele de masă ar putea avea alte valori decât cele scrise pe ele?)

2.7.1. Utilizarea unei balanţe obişnuite

Mai întîi reglaţi şuruburile până când acul indicator este la semnul zero. Aşezaţi cu grijă corpul a cărui masă vreţi să o măsuraţi pe un taler. Apoi, cu atenţie, aşezaţi pe celălalt taler etaloanele din cutia care însoţeşte balanţa. Puneţi şi luaţi progresiv etaloane din ce în ce mai mici până când acul indicator este din nou la zero, sau oscilează de o parte şi de alta a poziţiei zero, deplasîndu-se în mod egal în fiecare parte.

2.7.2. Fiţi atenţi cu instrumentele sensibile!

Bara orizontală şi talerele sunt susţinute de margini foarte ascuţite. Acestea permit ca acul indicator să se mişte vizibil atunci când o masă foarte mică este adăugată pe un taler. Această proprietate de a distinge diferenţe foarte mici de mase, face ca balanţa să fie mult mai bună pentru măsurarea maselor decât dacă ţinem corpul în mînă şi spunem cam câte kilograme are. Cu alte cuvinte, balanţa este un instrument de măsură foarte sensibil atâta vreme cât

marginile sunt foarte ascuţite. Aveţi grijă să folosiţi ambele mâini când mutaţi o balanţă, să nu lăsaţi corpuri pe talere şi să nu o mişcaţi brusc(pentru a preântâmpina uzura cuţitelor).

Această idee a sensibilitaţii unui instrument este aplicabilă oricărui instrument de măsură. De exemplu, un ceas obişnuit poate sesiza diferenţa între 5s şi 6s, sau 2min 32s şi 2min 33s; el poate deci distinge o secundă. Cronometrul mecanic este un instrument şi mai sensibil, deoarece poate distinge zecimile unei secunde. Cronometrul electronic poate distinge sutimi şi miimi de secundă. Instrumentele sensibile sunt alcătuite din părţi fragile, deci trataţi-le ca pe bunica voastră iubită!

2.8. CUM SE UTILIZEAZĂ UN DINAMOMETRU.

Etalonarea dinamometrului a fost realizată de firma producătoare, astfel încît fiecare dinamometru din laboratorul nostru are o SCALĂ gradată în newtoni, şi DIVIZIUNI de 0,1 N. Este bine să ne gândim că ceea ce este scris într-un ziar sau pe un pachet de mâncare preambalată ar putea să nu fie complet adevărat. O anumită neîncredere în lucruri ce n-au fost verificate este importantă şi în efectuarea experimentelor. De exemplu, dacă indicaţia dinamometrului este 0,2N, nu putem fi siguri că forţa care îl întinde are chiar această valoare.

Tipurile de erori discutate anterior (eroarea de zero şi eroarea de paralaxă) trebuie luate în consideraţie şi atunci când utilizăm dinamometrul.

2.8.1. Eliminarea erorii de zero

Dacă indicatorul care se mişcă de-a lungul scalei, arată o valoare oarecare nenulă atunci când nici o forţă nu acţionează asupra dinamometrului, trebuie să scădeţi această valoare (acest surplus de forţă) din indicaţia dinamometrului ce corespunde forţei pe care o măsurăm.

Uneori puteţi anula EROAREA DE ZERO înainte de măsurare. La unele dinamometre se poate AJUSTA poziţia indicatorului astfel încât acesta să arate zero în lipsa forţei. Ajustarea unui instrument de măsură se numeşte aducere la zero a instrumentului.

2.8.2. Eliminarea erorii de paralaxă

Pentru a fi siguri că punctul de pe scala dinamometrului pe care îl vedeţi lângă reperul indicator este ÎNTRADEVĂR lângă acesta, asiguraţi-vă că ochiul este la acelaşi nivel cu indicatorul şi perpendicular pe scală, la fel ca ochiul care măsura înălţimea unei sticle.

2.8.3. Etalonarea

Dacă dinamometrul pe care îl utilizaţi este vechi, este foarte posibil ca arcul lui să fie uzat. Dacă arcul a fost PREA ÎNTINS atunci fiecare DIVIZIUNE de pe scală nu va mai reprezenta o forţă de exact 0,1 newtoni. Deci, dacă dinamometrul nu este nou, va trebui să verificaţi dacă scala este încă bună.

După ce aţi adus la zero dinamometrul, agăţaţi de el o masă de 100 g. Acum dinamometrul măsoară o forţă de 0,98 N (aproape de 1 N). Dacă scala este bună (ETALONATĂ CORECT), indicatorul va fi foarte aproape de semnul 1 N. În acelaşi fel puteţi controla faptul că o masă de 200 g dă o CITIRE pe dinamometru de aproape 2N.

Dacă scala nu este etalonată corect, vă puteţi felicita că nu aţi avut încredere în scalele gata etalonate şi veţi continua prin a face o scală nouă! Se spune, în acest caz, că trebuie să etalonaţi dinamometrul. Agăţaţi de dinamometru mase de: 10g, 20g, 30g, etc. şi de fiecare dată marcaţi printr-un semn lângă indicator valorile: 0,1N; 0,2N; 0,3N etc.

2.9. REPREZENTAREA GRAFICĂ

Un grafic ne oferă o reprezentare vizuală a unei relaţii dintre două variabile, ne arată cum variază o mărime când altă mărime se modifică.

2.9.1. Cum să reprezentăm grafic rezultatele experimentale?

Titlul va fi „Graficul lui Y ca variabilă dependentă în funcţie de variabila independentă X". Acest titlu este bine să fie scris după ce a fost reprezentat graficul, în funcţie de spaţiul liber rămas pe pagină.

Axele sunt două linii drepte trasate exact deasupra liniilor tipărite ale hârtiei: una aproape de partea de jos a hârtiei, cealalta lângă partea stângă a ei. Pe axa orizon-

tală, numită abscisă, se vor reprezenta, de obicei, valorile variabilei independente X, iar pe axa verticală, numită ordonată, valorile variabilei dependente Ŷ (figura 2.4.).

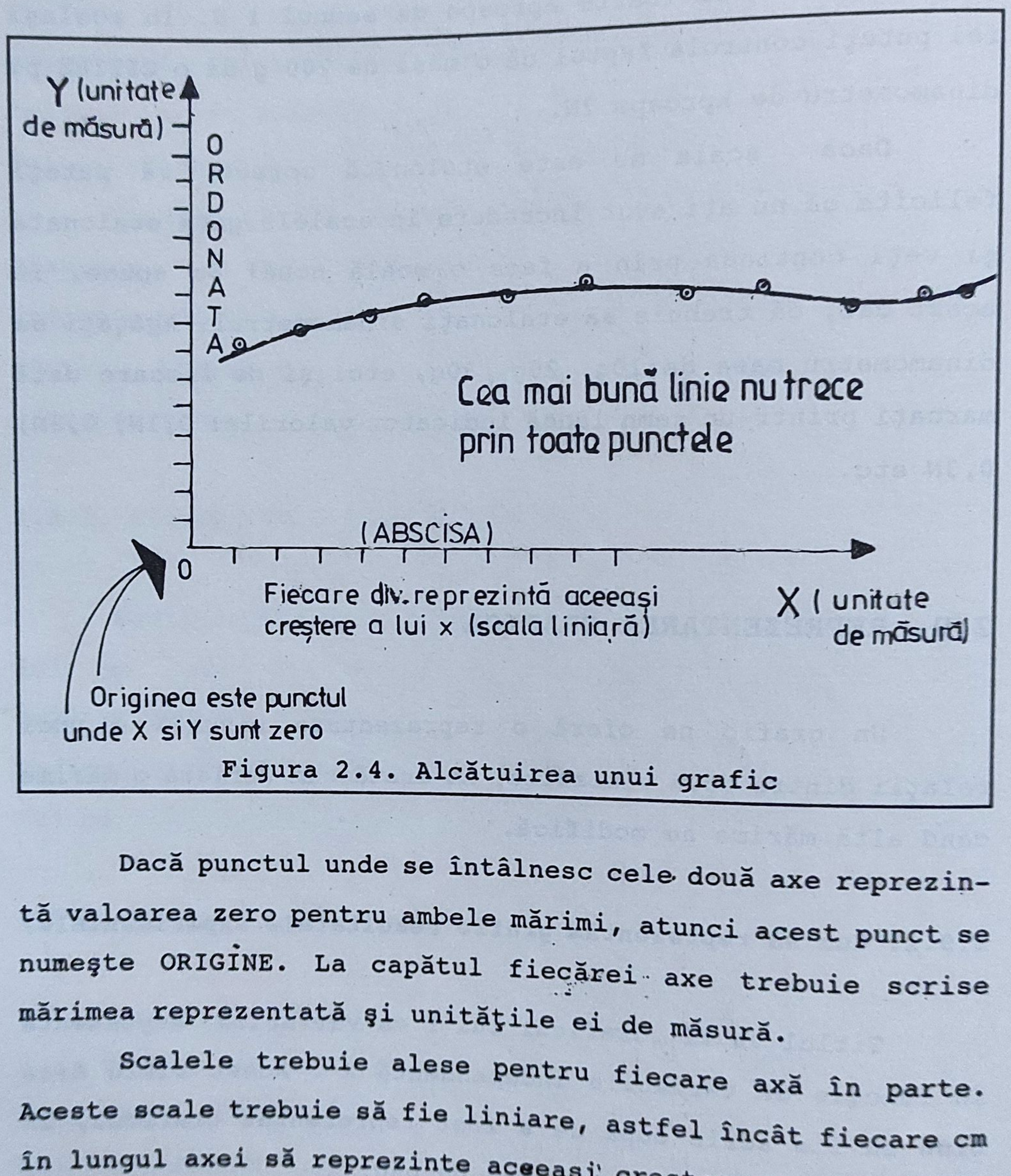


Figura 2.4. Alcătuirea unui grafic

Dacă punctul unde se întâlnesc cele două axe reprezintă valoarea zero pentru ambele mărimi, atunci acest punct se numeşte ORIGINE. La capătul fiecărei axe trebuie scrise mărimea reprezentată şi unităţile ei de măsură.

Scalele trebuie alese pentru fiecare axă în parte. Aceste scale trebuie să fie liniare, astfel încât fiecare cm în lungul axei să reprezinte aceeaşi creştere a variabilei. Deasemenea, scala nu trebuie să fie prea mare: prea mulţi cm pentru fiecare unitate pot să nu permită reprezentarea unor valori mai mari. Trebuie să fiţi atenţi ca scala să nu fie

prea mică deoarece întregul grafic va fi mic şi va fi dificil de citit cu exactitate. Dacă domeniul valorilor unei mărimi se îndepărtează de valoarea zero, atunci trebuie să alegeţi o valoare (alta decât zero) de la care să înceapă scala (figura 2.5.). Bineînţeles, această valoare trebuie să fie mai mică decât cea mai mică valoare a măsurătorilor făcute (în caz contrar, porţiunea de hîrtie cuprinsă între zero şi valoarea minimă măsurată va rămâne neutilizată).

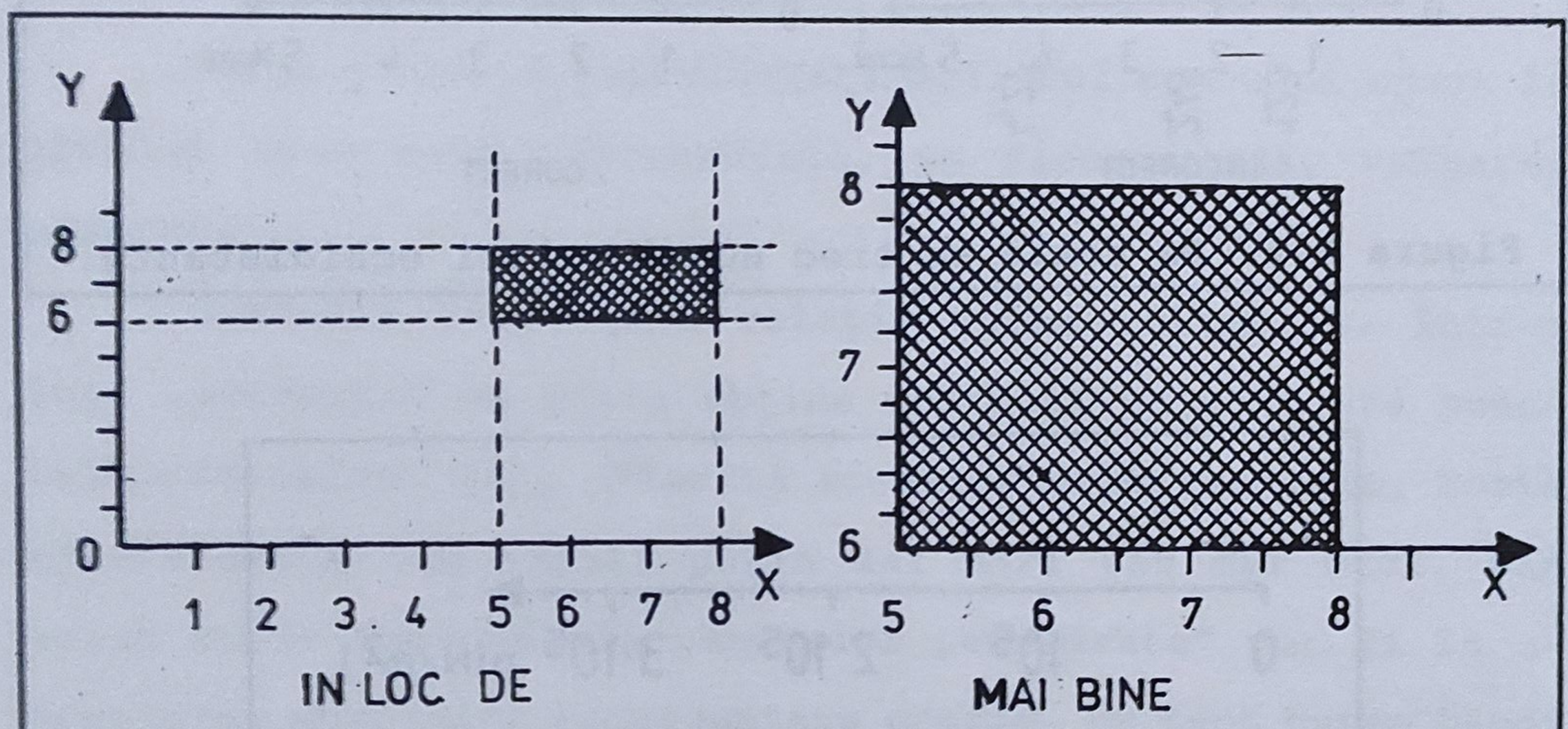


Figura 2.5. Alegerea valorilor pentru încadrarea graficului pentru cazul 5<x<8 şi 6<y<8. S-a haşurat zona folosită pentru grafic

Pe axe nu se trec orice valori, ci numai valori echidistante, cât mai întregi.Punctele experimentale se poziţionează corect, fără a scrie pe axe valorile corespunzătoare lor (figura 2.6.).

Când variabilele au valori foarte mari sau foarte mici putem scrie factorul de multiplicare lângă unitatea de măsură (figura 2.7.). În acest fel, în dreptul diviziunilor, se trec valori care nu depăşesc deobicei două-trei cifre.

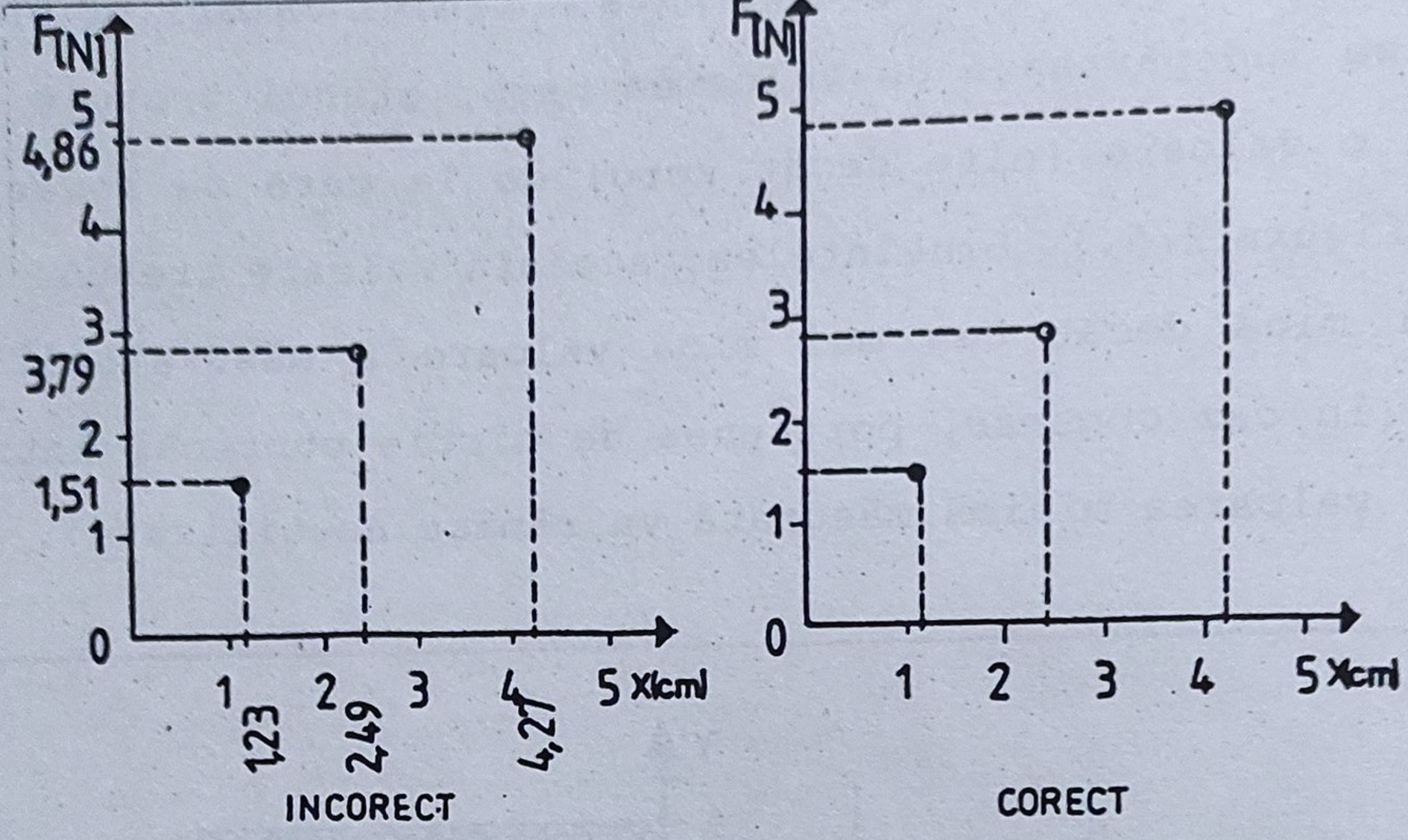


Figura 2.6. Pe scală se trec numai valori echidistante.

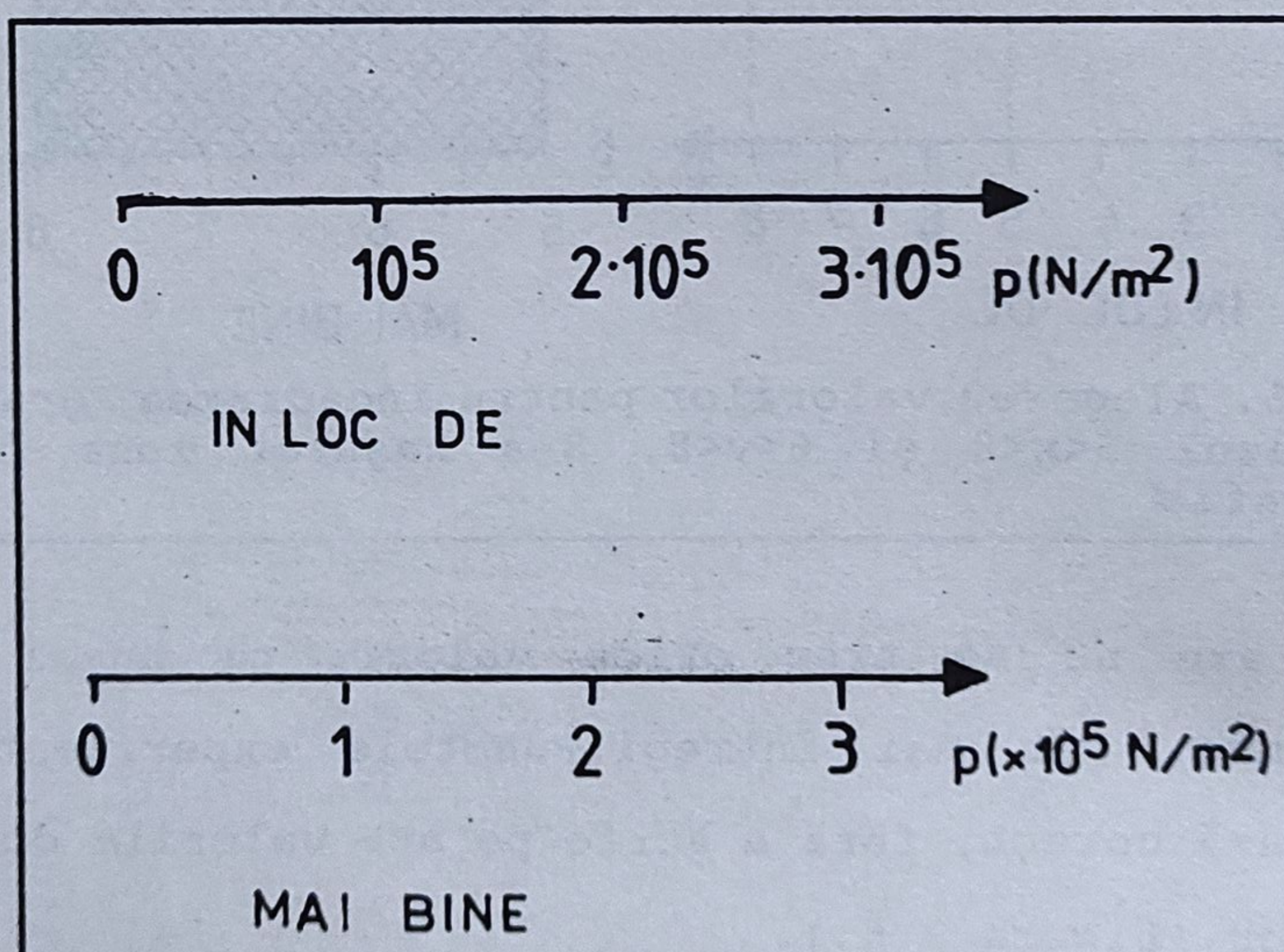


Figura 2.7. Utilizarea factorului de multiplicare pentru unitatea de măsură.

Fiecare punct reprezintă, în fond, o măsurătoare pentru valoarea variabilei independente şi valoarea corespunzătoare a variabilei dependente.

Punctele vor fi marcate prin unul din semnele ✳, ⊡, ⊙, ▲, x, +, şi vor fi reprezentate cu creionul (astfel încât greşelile să poată fi corectate). Când pe aceeaşi foaie reprezentăm mai multe grafice de aceeaşi natură (de exemplu graficul mişcării pentru 3 maşini ce merg pe aceeaşi şosea, în acelaşi interval de timp) vom folosi pentru punctele ce aparţin fiecărui grafic câte un semn distinct. În caz contrar nu se mai ştie de care grafic aparţine fiecare punct reprezentat pe foaia respectivă.

Aveţi grijă să reprezentaţi mijlocul semnului exact la nivelul unde este reprezentată, pe fiecare axă, valoarea măsurată.

Graficul reprezintă relaţia între variabile. Într-o lume „perfectă" am putea obţine graficul unind toate punctele succesive. Dar, datorită erorilor experimentale, toate măsurătorile dau valori puţin mai mari sau mai mici. Din acest motiv majoritatea punctelor „adevărate" vor fi în apropierea punctelor reprezentate grafic. De fapt putem gândi fiecare punct experimental ca fiind centrul unui dreptunghi mic (ale cărui semilaturi sunt egale cu erorile de măsură ale mărimilor reprezentate grafic) punctele „adevărate" putând fi oriunde în interiorul acestui dreptunghi. Din aceste motive NU VOM REALIZA GRAFICUL UNIND PUNCTELE EXPERIMENTALE SUCCESIVE ci vom strecura cea mai „bună" linie continuă (nefrântă) astfel încât numărul de puncte care rămâne de o parte a ei să fie aproximativ egal cu numărul de puncţe care rămâne de cealaltă parte (figura 2.4.).

Graficul obţinut în acest mod va furniza date cu o precizie mai bună decât precizia datelor experimentale care au stat la baza alcătuirii lui!

Câteva tipuri de grafice, mai uzuale, au fost reprezentate în figura 2.8.

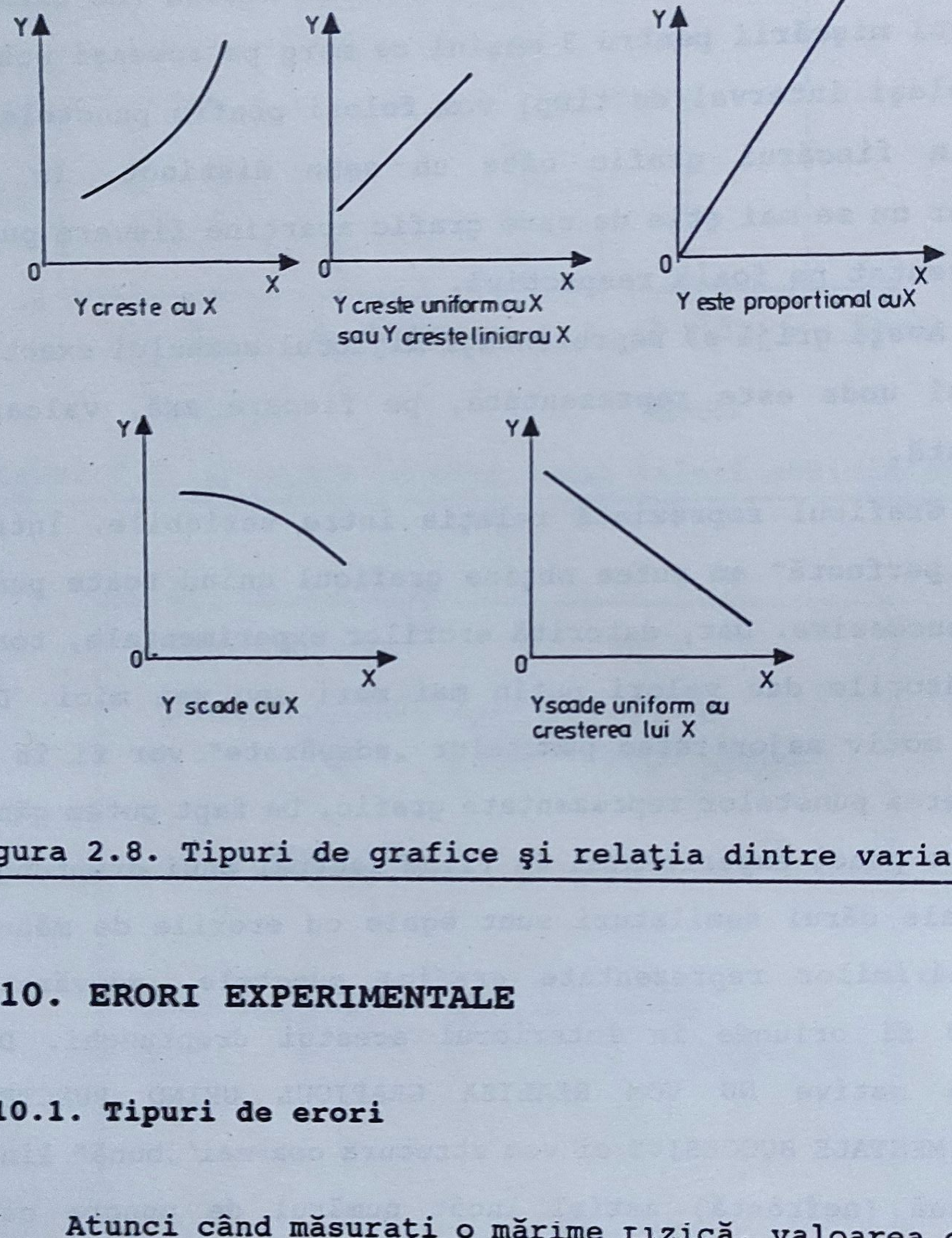


Figura 2.8. Tipuri de grafice şi relaţia dintre variabile.

2.10. ERORI EXPERIMENTALE

2.10.1. Tipuri de erori

Atunci când măsuraţi o mărime fizică, valoarea găsită nu va fi pe deplin egală cu valoarea adevărată pe care o are mărimea fizică respectivă. Se numeşte eroare diferenţa dintre valoarea măsurată şi valoarea reală a unei mărimi fizice.

În paragrafele consacrate măsurării lungimii, timpului, màsei şi forţei am văzut care sunt motivele apariţiei şi am vorbit deja despre unele erori (de paralaxă, de zero) ca şi despre modul de etalonare al instrumentelor de măsură.

Pentru ca rezultatul unei măsurători să fie cât mai aproape de valoarea reală, experimentatorii buni se gândesc totdeauna la posibilele surse de erori şi la modul în care ar putea reduce sau elimina aceste erori.

Putem clasifica erorile în trei categorii:

Erori grosolane, care sunt foarte mari şi se datoresc unor greşeli flagrante de măsurare. De exemplu, dacă măsuraţi lungimea unei casete audio şi găsiţi valorile :9,9 cm; 10,0 cm; 10,1 cm; 9,9 cm; 12,9 cm; 9,9 cm; 10,0 cm etc, se vede clar că valoarea de 12,9 cm nu poate fi corectă. De aceea, astfel de valori se elimină, adică nu se iau în consideraţie.

Erori sistematice, apar atunci când există o cauză care determină ca valorile să fie totdeauna puţin mai mari sau puţin mai mici ca valoarea mărimii măsurate. De exemplu, un ceas care merge cu două minute înainte va da o eroare de două minute la fiecare măsurătoare, deasemeni, dacă ceasul este potrivit la ora exactă, dar avansează cu 1 minut pe zi, atunci indicaţiile acestuia vor fi afectate de erori sistematice.

Erori întâmplătoare, se datorează apariţiei unor cauze de moment, astfel încât valoarea măsurată poate fi diferită când măsurăm de mai multe ori aceeaşi mărime. De exemplu, dacă veţi măsura de mai multe ori, cu rigla, lungimea băncii în care staţi, veţi vedea că rezultatele nu sunt identice, putând să difere cu 1-2mm. Desigur că cea mai bună soluţie pe care o avem „împotriva" erorilor întîmplătoare este aceea de a lua în considerare MEDIA ARITMETICĂ a valorilor măsurate. Dacă reprezentăm datele experimentale într-un grafic, atunci putem să ne dăm seama de mărimea erorilor întâmplătoare urmărind cât de apropiate sau depărtate sunt punctele reprezentate în raport cu graficul construit.

Exită numeroase cauze care pot da erori experimentale; ele se numesc SURSE DE ERORI. De aceea erorile se pot clasifica şi în funcţie de sursele care le produc, după cum veţi vedea în cele ce urmează.

1. Erori instrumentale

Aceste erori se datorează instrumentului de măsură (ele pot fi datorate unor defecţiuni de fabricaţie, modului în care este etalonat instrumentul, uzării sau dereglării aparatului respectiv). De exemplu, în cazul unui dinamometru uzat, am văzut deja că acesta poate indica o creştere de 1,1 N dacă forţa aplicată creşte doar cu 1 N sau poate da indicaţii greşite dacă nu este adus la zero, sau poate indica valori puţin diferite pentru aceeaşi forţă dacă reperul nu este bine strâns (joacă) între şuruburi etc.

2. Erori de model

Înainte de a face o măsurătoare noi trebuie să definim clar mărimea pe care o măsurăm. Să presupunem că definim lungimea acestei pagini ca distanţa de la colţul din dreapta sus până la colţul din dreapta jos. Am putea defini la fel de bine lungimea paginii ca distanţa de la colţul din stânga sus la colţul din stânga jos. Dacă cumva foaia de hârtie nu este perfect dreptunghiulară, cele două distanţe nu vor coincide. Eroarea care apare în acest caz se datorează faptului că modelul asociat mărimii măsurate (dreptunghi) nu este destul de bun.

Unele erori se datorează faptului că metodele care stau la baza măsurătorilor nu sunt suficient de precise. De exemplu, noi măsurăm direct greutatea unui corp atârnându-l de un dinamometru. În realitate, prezenţa aerului influenţează indicaţia dinamometrului (veţi vedea mai târziu cum apare forţa arhimedică). Noi neglijăm această eroare de metodă pentru că ea este mult mai mică decât erorile datorate altor cauze.

Mediul exterior poate influenţa prin numeroşi factori (temperatură, presiune, umiditate) unele experimente, modificând astfel rezultatele. De exemplu volumul unui cilindru gradat depinde de temperatură, deci trebuie precizată temperatura la care acesta a fost etalonat.

În unele experimente se întâmplă ca instrumentele de măsură să influenţeze (schimbe) valoarea mărimii pe care o măsurăm. Se spune că între instrumentul de măsură şi corpul a cărui mărime o măsurăm apare o interacţiune, de unde şi numele acestei erori. De exemplu, dacă vrem să măsurăm temperatura apei calde dintr-o eprubetă atunci, prin

introducerea rezervorului termometrului, temperatura apei va scădea (deci indicaţia termometrului nu va corespunde temperaturii iniţiale a apei).

3. Erori personale

Acestea se datoresc experimentatorului. Îndemânarea şi acuitatea vizuală şi auditivă joacă un rol important în timpul unui experiment. Înainte de a lua date, este bine ca experimentatorul să facă probe pentru a cunoaşte instalaţia şi a căpăta îndemânarea necesară.

2.10.2. Precizia şi numărul de cifre semnificative

Cu cât erorile sunt mai mici, cu atât spunem ca măsurătorile sunt mai precise. Pentru a vedea cât de precise sunt rezultatele unei măsurători, fizicienii obişnuiesc să scrie datele cu un anumit număr de CIFRE SEMNIFICATIVE. Acesta reprezintă numărul de cifre dintr-un număr, excluzând zerourile care pot apare la stânga numărului datorită prezenţei virgulei. Astfel, numărul 1204 are patru cifre seminificative, numărul 0,0017 numai două, iar numărul 1,2000 are cinci cifre semnificative.

Cu cât numărul care exprimă rezultatul unei măsurători are mai multe cifre semnificative, cu atât precizia măsurătorii este mai bună. Astfel, când citim că lungimea băncii este de 1,2 m, înseamnă că diviziunea de pe riglă a corespuns ultimei zecimale, adică decimetrului. Când vom citi că lungimea băncii este de 1,200 m înseamnă că diviziunea riglei cu care s-a măsurat a fost milimetrul (adică banca are sigur 1,200 m şi nu 1,201 m sau 1,199 m).

Totdeauna când exprimăm valoarea numerică a unei mărimi, trebuie să utilizăm numărul de cifre semnificative corespunzător preciziei cu care aceasta este cunoscută.

Astfel, dacă cunoaştem deplasarea şi durata cu trei cifre semnificative, nu are rost să exprimăm viteza cu mai mult de trei cifre semnificative (la împărţirea celor două mărimi un calculator ne poate furniza rezultatul cu foarte multe cifre; noi vom opri numai trei).

La prelucrarea datelor experimentale este bine să utilizaţi deocamdată, în lipsa unei analize mai riguroase, următoarea regulă practică:

Pentru mărimea calculată vom lua atâtea cifre semnificative, câte are mărimea măsurată cu precizia cea mai mică.

Dacă un instrument de măsură furnizează rezultatul cu o eroare fixă(de obicei cea care corespunde unei jumătăţi de diviziune) atunci,cu cât mărimea măsurată are o valoare mai mare, cu atât precizia măsurătorii va fi mai bună. De exemplu, dacă lungimea şi grosimea unei sârme sunt măsurate cu aceeaşi riglă ce are diviziuni de 1 mm, evident că prima măsurătoare va fi precisă, pe când a doua nu.

Raportul dintre eroarea de măsură a unei mărimi şi valoarea acesteia se numeşte EROARE RELATIVĂ de măsură a mărimii date. Evident că precizia unei măsurători este invers proporţională cu eroarea relativă (matematic este chiar inversul acesteia).

2.10.3 Forma standard a numerelor

Orice număr se poate pune în forma: $X \cdot 10^Y$, unde X este un număr care are o singură cifră nenulă înainte de virgulă, iar Y este un exponent întreg (pozitiv sau negativ).

Aceasta se numeşte FORMA STANDARD a numărului respectiv. Ca exemplu, urmăriţi mai jos punerea în formă standard a diferitelor numere:

$$1200 = 1{,}200 \cdot 10^3$$

$$0{,}021 = 2{,}1 \cdot 10^{-2}$$

$$76{,}2 \cdot 10^3 = 7{,}62 \cdot 10^4$$

$$123{,}001 = 1{,}23001 \cdot 10^2$$

În fizică este elegant să exprimăm valorile numerice ale diferitelor mărimi în forma standard. Se observă că prima parte a numărului în formă standard (X) este aceeaşi, indiferent de unităţile folosite:

De exemplu: $1300 \text{ mm} = 1{,}300 \cdot 10^3 \text{ mm}$; $130{,}0 \text{ cm} = 1{,}300 \cdot 10^2 \text{ cm}$ (1,300 este acelaşi)

Exponentul Y al puterii lui 10 este ORDINUL DE MĂRIME al numărului dat sau al mărimii măsurate.

De exemplu despre volumul $V=1274{,}2 m^3 = 1{,}2742 \cdot 10^3 m^3$ se spune că are ordinul de mărime 10^3 m^3 (sau că este de ordinul decametrului cub).

3. ELEMENTE DE CINEMATICĂ

Cinematica este o parte a fizicii care se ocupă cu descrierea mişcării corpurilor fără a ţine seama de cauzele care o produc.

3.1. CÂT DE REPEDE SE MIŞCĂ UN CORP

Cu toţii suntem obişnuiţi cu deosebirea dintre un corp care se mişcă mai repede şi un corp care se mişcă mai încet. Adeseori descriem acestă deosebire spunând lucruri ca: „Hei! Trabantul acela se mişcă repede!" şi „Aş vrea tare mult să te grăbeşti şi să fii gata pentru şcoală!". Pe la mijlocul secolului al XVI-lea, când oamenii au început să facă observaţii organizate asupra Lumii (făcând ceea ce noi numim acum Fizică), a devenit necesar să se găsească o modalitate mai precisă de a descrie cât de repede se mişcă corpurile. Nu a trecut mult timp până ce problema a fost rezolvată şi a fost introdusă mărimea fizică numită VITEZĂ.

S-ar putea să fie evident pentru voi că un corp „rapid" este un corp care parcurge o distanţă mare într-un timp scurt, iar un corp „încet" este un corp care parcurge o distanţă scurtă într-o perioadă de timp relativ mare.

Putem găsi un număr care să descrie cât de repede se mişcă un corp prin împărţirea distanţei exprimată prin numărul lungimilor unei Dacii cu care el călătoreşte la numărul de ore care îi sunt necesare pentru a străbate acea

distanţă. Deci, dacă profesorul vostru de fizică călătoreşte cu maşina de la Iaşi la Vaslui (o distanţă de aproximativ 18000 lungimi de Dacie) într-un timp de două ore, el poate calcula cât de repede a călătorit, iar răspunsul este un număr de „lungimi de Dacie pe oră".

$$\frac{18000\ \text{lungimi de Dacie}}{2\ \text{ore}} = 9000\ \text{lungimi de Dacie/oră}$$

Precizând că profesorul de fizică parcurge 9000 lungimi de Dacie/oră avem o formulare mult mai precisă decât a spune că „Profesorul meu de fizică a condus destul de încet".

Lungimea unei Dacii este o unitate bună pentru a măsura distanţe în România, dar există fizicieni din alte ţări care nu au văzut niciodată o Dacie, deci aceasta nu este o unitate de măsură comună pentru distanţă. Avem nevoie de unităţi mai potrivite pentru ca toată lumea să înţeleagă ceea ce înţelegem şi noi când spunem cât de departe este oraşul Vaslui de oraşul Iaşi. Unitatea internaţională adoptată pentru măsurarea distanţelor este METRUL (cu prescurtarea m). Când vrem să măsurăm distanţe mari, putem utiliza multiplii acestuia DECAMETRUL, HECTOMETRUL şi KILOMETRUL, iar pentru distanţe mici utilizăm submultiplii DECIMETRUL, CENTIMETRUL şi MILIMETRUL.

În SISTEMUL INTERNAŢIONAL (S.I.) unitatea pentru timp este SECUNDA (cu prescurtarea s). Deci unitatea standard, în S.I., pentru a măsura cât de repede se deplasează un corp va fi „metrul pe secundă" (m/s). Unităţile de măsură trebuie adaptate mişcării corpului; de exemplu pentru o rachetă vom alege kilometrul pe secundă iar pentru melc metrul pe oră.

3.2. VITEZA-MĂRIME VECTORIALĂ

Mărimea care arată cât de repede se mişcă un corp se numeşte VITEZĂ, notată cu litera v. Deci putem spune:

v = 60km/h: viteza trenului este de 60km/h

Mărimea vitezei nu ne spune totul despre corpul aflat în mişcare. Astfel, există o mare diferenţă între un tren care se deplasează cu 60 km/h de la Iaşi la Bucureşti şi un tren care se deplasează tot cu 60 km/h de la Bucureşti la Suceava; dacă cineva din Buzău face nefericita greşeală să le confunde, va pierde o groază de timp şi se va supăra foarte tare. Pentru a evita confuziile, CFR-ul tipăreşte pe bilete direcţia în care merg trenurile. Pentru acelaşi motiv fizicienii precizează împreună cu informaţia despre mărimea vitezei pe care o are un corp atât direcţia cât şi sensul în care se deplasează acesta. Putem spune, de exemplu, că viteza trenului care merge de la Bucureşti la Iaşi este de 60 km/h.

Viteza este o mărime care trebuie să cuprindă informaţii despre direcţia şi sensul mişcării corpului.

Există un mod mai rapid pentru a spune că „aceasta este o mărime care include informaţii despre direcţie şi sens". Putem spune doar că „aceasta este o mărime vectorială". Viteza este o mărime VECTORIALĂ. Caracterul vectorial al vitezei este dat de posibilitatea DEPLASĂRII în direcţii şi sensuri diferite. Devine astfel necesar să explicăm ce reprezintă deplasarea unui corp şi ce proprietăţi are această mărime fizică.

3.3. DEPLASAREA

3.3.1. Un vector care reprezintă rezultatul unei călătorii

Există mai multe posibilităţi pentru a vă deplasa din camera de unde sunteţi către uşă. Aţi putea merge direct către uşă, în linie dreaptă (dacă nu este nici o piesă de mobilier în cale).

În drumul vostru către uşă v-aţi putea abate pe la fereastră. Ba chiar aţi putea ocoli unele obiecte din cameră, înainte de a ajunge la uşă. În fiecare situaţie aţi parcurge o distanţă diferită, dar rezultatul este acelaşi: vă mişcaţi de pe scaun şi vă opriţi la uşă. Această distanţă care are nu numai o lungime ci şi o direcţie şi un sens bine determinate (în cazul nostru de la scaun la uşă) defineşte o mărime numită DEPLASARE. Deplasarea este o mărime vectorială (sau, pe scurt, un vector) noutatea constând în faptul că astfel de mărimi au o anumită orientare.

3.3.2.Deplasări negative

O călătorie cu trenul dus-întors Braşov-Bacău-Braşov vă aduce înapoi, acolo de unde aţi plecat. DEPLARAREA în acest caz este zero.

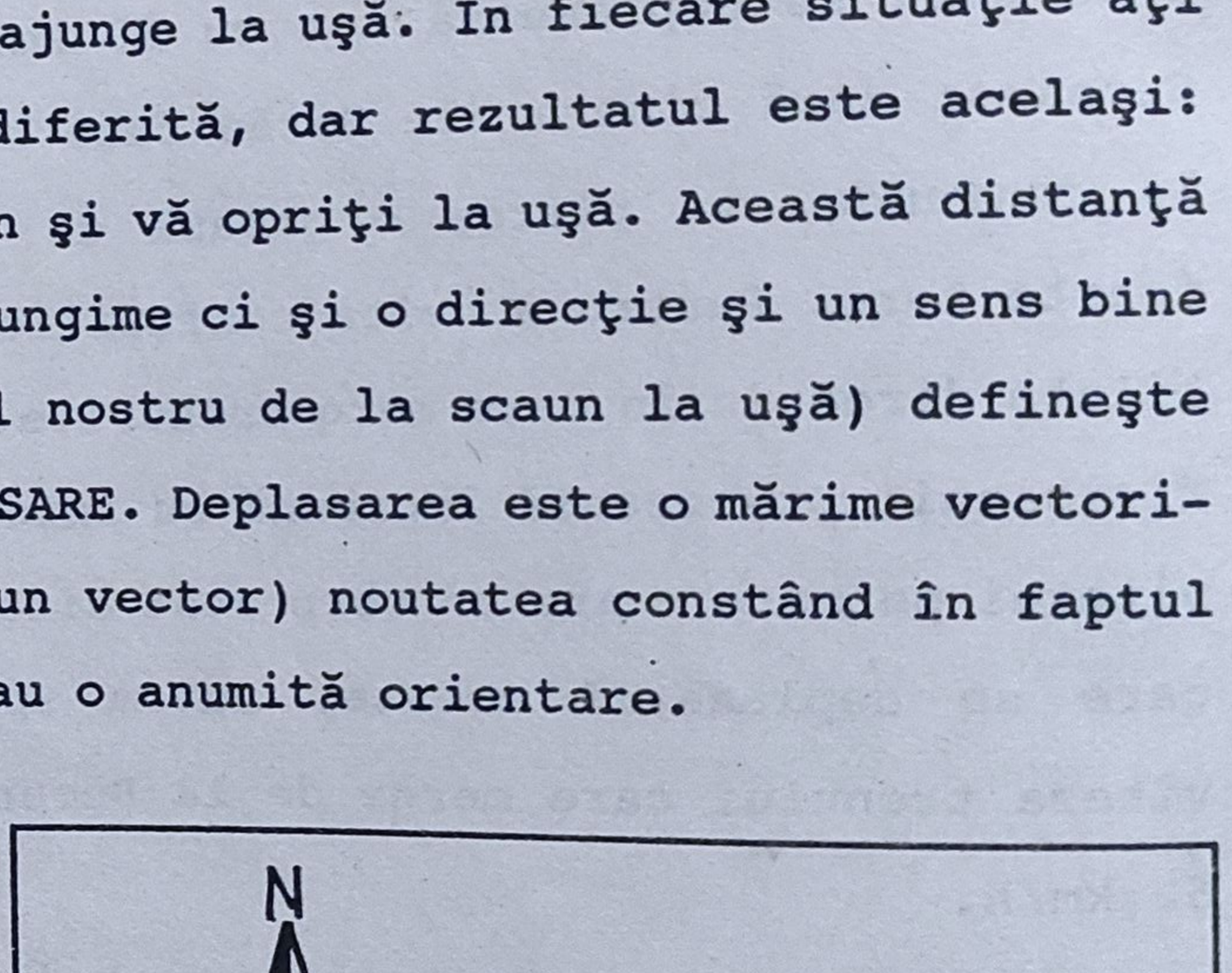


Figura 3.1.

Această deplasare este alcătuită din „CĂLĂTORIA DUS" plus „CĂLĂTORIA ÎNTORS" (vezi figura 3.1.).

De la Braşov la Bacău avem o deplasare de 140 Km NE (pe direcţia nord-est) iar de la Bacău la Braşov vom avea o deplasare de 140 Km SV. Deci putem scrie:

$$140 \text{ km NE} + 140 \text{ km SV} = 0.$$

De aici rezultă că:

$$140 \text{ km NE}_{,} = - 140 \text{ km SV}$$

Deci minus un vector înseamnă un vector de aceeaşi lungime şi direcţie,dar de sens opus.

3.4. PUNCT MATERIAL

De multe ori când vrem să descriem mişcarea unui corp, ceea ce este înăuntrul corpului nu contează. Acest lucru este valabil adesea în cinematică! Când decrieţi cum se mişcă un taxi sau un tren, spuneţi care este vectorul viteză şi vă întrebaţi când va sosi, dar nu vă îngrijorează dacă şoferul se scarpină în cap sau dacă al 8-lea vagon este gol! Deci, dacă ne interesează cum se mişcă un corp când dimensiunile sale sunt mult mai mici ca deplasarea, ne putem gândi la el ca la un punct mic(fără dimensiuni); acesta este numit PUNCT MATERIAL.

Când spunem că „acesta este un punct material" nu ne vom lăsa furaţi de detalii: ce este înăuntrul acestui corp, din ce este făcut, ce culoare are sau cât costă. Aceasta

este una din cele mai elegante simplificări din fizică şi ea permite să se găsească modalităţi simple pentru descrierea universului complex.

În următoarele pagini ne vom ocupa de mişcarea corpurilor; bucăţi de lemn, maşini, ceşti, sănii şi picături de ploaie, toate considerate ca puncte materiale. Nu vom încerca să descriem mişcarea unei roţi de automobil, a gimnaştilor sau a staţiilor spaţiale.

O rotaţie a unui corp poate afecta fenomenele observate şi nu ne putem gândi la el ca la un punct material.

Pentru început vom încerca să ne concentrăm asupra corpurilor care execută mişcări de translaţie, deci asupra corpurilor care pot fi considerate puncte materiale. În cinematică un punct material se mai numeşte şi MOBIL.

3.5. MĂSURAREA VITEZEI MAŞINILOR

Veţi măsura viteza unor maşini care trec pe lângă şcoala voastră. Probabil că aveţi unele idei despre cum să faceţi acest lucru.

Mai întâi citiţi instrucţiunile de mai jos împreună cu unul sau doi colegi şi hotărâţi exact ce trebuie să facă fiecare persoană din grupul vostru.

Uitaţi-vă la diagrama care reprezintă 2 elevi măsurând viteza maşinilor (figura 3.2.). Puteţi găsi vreo modalitate de a îmbunătăţi tehnica lor? Problemele de discutat, care urmează după instrucţiuni, vă ajută să răspundeţi mai uşor la această întrebare.

START
SCOALA GENERALA Nr.108
STOP

INSTRUCŢIUNI

1. Hotărîţi unde veţi merge pentru a măsura viteza maşinilor.
2. Alegeţi o distanţă: ORI alegeţi două puncte pe marginea şoselei şi măsuraţi distanţa dintre ele, ORI faceţi un semn cu o bucată de cretă şi măsuraţi în continuare distanţa de 1m sau 5 m sau 10 m sau 30 m sau 70 m sau 100 m.
3. Pregătiţi un tabel pentru măsurătorile pe care le veţi efectua.

TABEL DE DATE : MĂSURAREA VITEZEI UNOR VEHICULE

Vehicul	x distanţa(m)	t timpul(s)	v=x/t viteza(m/s)	v viteza(km/oră)

4. Întrebuinţaţi un ceas cu secundar, sau un cronometru, pentru a măsura timpul necesar unei maşini să se deplaseze pe distanţa pe care aţi măsurat-o.
5. Notaţi timpii pentru cel puţin 6 vehicule. Nu uitaţi să scrieţi unde erau maşinile şi în ce direcţie se deplasau.
6. Calculaţi mărimea vitezei pentru fiecare maşină.
   Cea mai cunoscută unitate de măsură pentru viteză în cazul maşinilor este Km/h, dar viteza calculată de voi este m/s. De aceea trebuie să realizaţi transformarea vitezei din m/s în km/h: 1m/s=3,6 km/h.

7. Dacă aveţi timp, repetaţi experimentul pentru o distanţă diferită.

PROBLEME DE DISCUTAT

1. Măsurătorile voastre pentru distanţă şi timp au fost foarte precise?
2. Credeţi că maşinile şi-ar fi putut schimba viteza în timpul măsurătorilor?
3. Care este cel mai bun loc pentru a sta şi a vedea exact când să opriţi cronometrul?
4. Vă puteţi gândi la avantajul şi dezavantajul folosirii unei distanţe mai mari în acest experiment?

Dacă întrebarea vi se pare prea grea, atunci răspundeţi la următoarele două întrebări:

4.a. O distanţă scurtă este mai bună din punctul de vedere al măsurării cu precizie a timpului?

4.b. Este mai bună o distanţă mai mică pentru a afla viteza maşinii la un anumit moment?

3.6. VITEZA MEDIE

Dacă o maşină se deplasează 20 m în timpul unei secunde, şi în secunda următoare mai face alţi 20 m, iar în următoarea secundă se mai deplasează alţi 20 m, putem spune că maşina are o viteză de 20 m/s.

Imaginaţi-vă că ne uităm la o altă maşină timp de 3 secunde şi aceasta se deplasează 18 m în timpul primei

secunde, 22 m în timpul celei de a doua secunde şi 20 m pe parcursul celei de a treia secunde. Putem calcula viteza medie care reprezintă media numărului de metri parcurşi în fiecare secundă:

$$\text{viteza medie} = \frac{18m+22m+20m}{3s} = 20m/s$$

$$\text{viteza medie} = \frac{\text{distanţa totală}}{\text{timpul total}}$$

3.7. ACCELERAŢIA (cât de repede îşi măreşte viteza un corp)

Cel mai simplu tip de mişcare este cel în care se continuă cu aceeaşi viteză deplasarea de-a lungul unei linii drepte, fără a schimba direcţia şi fără a merge mai repede sau mai încet.

Mişcarea uniformă (cu viteză constantă) nu este o modalitate obişnuită de deplasare pentru că majoritatea corpurilor care se mişcă (incluzând maşini şi tramvaie, linguriţe şi mingi de tenis) au porniri şi opriri, deplasări mai rapide şi mai încete sau schimbări de direcţie. La fel cum viteza unui corp descrie cât de repede se mişcă acesta, ACCELERAŢIA este o modalitate de a descrie cât de repede se schimbă viteza lui.

Imaginaţi-vă o maşină care se deplasează de-a lungul unei şosele drepte. Cel mai simplu mod în care îşi poate

schimba viteza este să înceapă să se deplaseze mai repede, adăugând la viteza sa aceeaşi mărime în fiecare secundă.

Acceleraţia maşinii (folosind unităţi din S.I.) reprezintă numărul de m/s care se adaugă la viteza sa în fiecare secundă. De exemplu, dacă viteza punctului material creşte în fiecare secundă cu 3m/s, atunci se spune că acceleraţia sa este de $3m/s^2$.

Dacă o maşină îşi măreşte viteza într-un mod neregulat, putem calcula acceleraţia sa, dar rezultatul va fi acceleraţia medie. Imaginaţi-vă că îndreptăm radarul unui poliţist către o maşină care accelerează şi notăm creşterea vitezei în fiecare secundă. Presupunem că în prima secundă, viteza creşte cu 1m/s, în a doua cu 2m/s şi în a treia secundă cu 3m/s.

$$\text{Acceleraţia medie} = \frac{\text{totalul variaţiilor de viteză}}{\text{timpultotal}} =$$

$$= \frac{1m/s+2m/s+3m/s}{3s} = 2m/s^2$$

Întrucât suma variaţiilor de viteză reprezintă de fapt variaţia totală a vitezei putem scrie:

$$\text{Acceleraţia medie} = \frac{v_{finala}-v_{iniţiala}}{t_{final}-t_{iniţial}} = \frac{\text{variaţia vitezei}}{\text{interval de timp}}$$

Dacă o maşină (sau oricare alt corp) încetineşte, viteza finală va fi mai mică decât viteza sa iniţială iar acceleraţia medie va avea o valoare negativă.

3.8. CÂTEVA ELEMENTE DE CINEMATICĂ PENTRU TINERII PRIETENI AI TEORIEI

Acest capitol are un triplu scop: a vă sistematiza unele noţiuni de cinematică, a vă preciza unele elemente necesare rezolvării de probleme şi a vă familiariza cu un limbaj teoretic mai riguros în ceea ce priveşte utilizarea termenilor de fizică.

Starea mecanĭcă a unui corp poate fi precizată numai în raport cu alte corpuri. De exemplu, un călător într-un autobuz, poate fi simultan în repaus faţă de autobuz şi în mişcare faţă de clădirea în care locuieşte.

Corpul faţă de care studiem mişcarea, împreună cu un cronometru necesar măsurării timpului şi o riglă pentru măsurarea distanţelor alcătuiesc un sistem de referinţă.

Alegem un punct de referinţă pe corpul faţă de care studiem mişcarea pentru măsurarea distanţelor până la mobil. Evident că această distanţă depinde de timp. Astfel, la momentul t_1 mobilul este în punctul M_1 având coordonata x_1, la momentul t_2 mobilul este în punctul M_2 având coordonata x_2 etc (figura 3.3.).

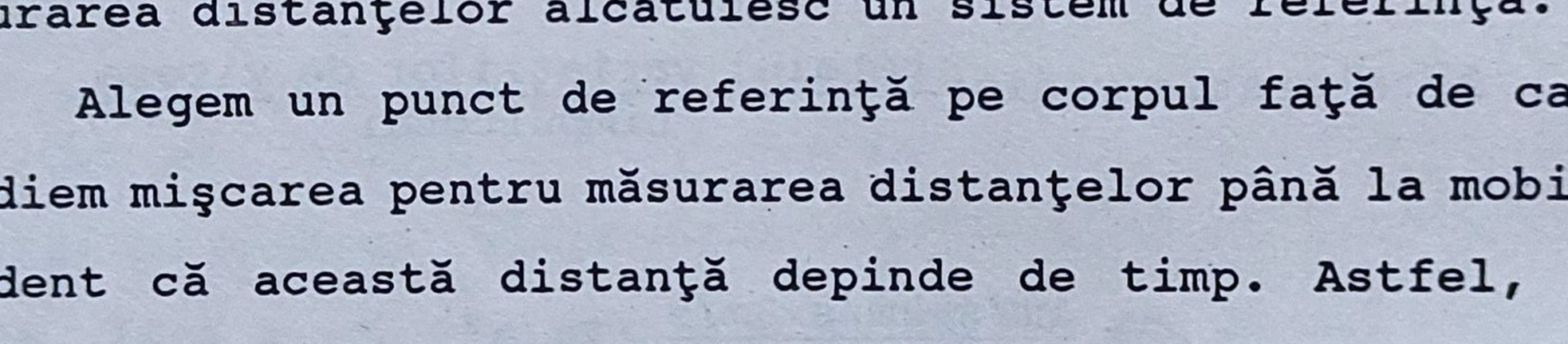


Figura 3.3.

Deplasarea unui mobil reprezintă distanţa dintre poziţiile mobilului la două momente diferite.

De exemplu, între t_1 şi t_2, deplasarea este egală cu lungimea segmentului $|M_1M_2|$, adică este egală cu x_2-x_1. În general, deplasarea se notează cu Δx, fiind egală cu variaţia coordonatei mobilului între momentele de timp iniţial şi final.

Viteza mobilului se defineşte ca fiind mărimea fizică egală cu raportul dintre deplasarea acestuia şi durata corespunzătoare acestei deplasări:

$$\boxed{v = \frac{\Delta x}{\Delta t}}$$

În Sistemul Internaţional ea se măsoară în METRI PE SECUNDĂ (m/s):

$$\boxed{[\,v\,]_{S.T.} = m/s}$$

Viteza vehiculelor se măsoară adesea în km/h:

$$\boxed{1m/s = 3,6km/h}$$

Din punct de vedere intuitiv viteza ne indică ce deplasare are mobilul în unitatea de timp.

În cursul mişcării unui mobil se poate întâmpla ca viteza să nu fie constantă. Dacă aceasta creşte spunem că mobilul accelerează iar când viteza scade spunem că mobilul încetineşte (frânează). Mărimea care ne arată cât de repede creşte sau scade viteza unui mobil se numeşte acceleraţie. Ea se defineşte ca raportul dintre variaţia vitezei şi intervalul de timp corespunzător acestei variaţii:

$$\boxed{a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2-v_1}{t_2-t_1}}$$

Când viteza este constantă, acceleraţia este nulă şi mişcarea se numeşte uniformă.

Când acceleraţia este constantă, mişcarea se numeşte uniform variată (uniform accelerată sau uniform încetinită).

Intuitiv, acceleraţia arată cu câţi metri pe secundă creşte viteza unui mobil în timp de o secundă.

Unitatea ei de măsură este METRUL PE SECUNDĂ LA PĂTRAT:

$$[a]_{SI} = \frac{[v]_{SI}}{[t]_{SI}} = \frac{m/s}{s} = m/s^2$$

CÂnd viteza respectiv acceleraţia unui mobil sunt constante este evident că, pentru calculul acestora din relaţiile de definiţie, putem alege orice interval de timp Δt.

Când viteza sau acceleraţia variază de la un moment la altul, relaţiile lor de definiţie dau VITEZA MEDIE respectiv ACCELERAŢIA MEDIE pentru intervalul de timp considerat. Putem gândi însă că dacă alegem intervalul de timp foarte, foarte mic, atunci viteza şi acceleraţia pot varia foarte puţin. De aceea, pentru un interval de timp extrem de mic, relaţiile în cauză ne dau VITEZA (ACCELERAŢIA) MOMENTANĂ SAU INSTANTANEE.

În cinematică prezintă un interes deosebit studiul mişcării unui mobil faţă de sisteme de referinţă diferite. De exemplu, un călător care stă într-un tramvai aflat în mers este simultan în repaus (faţă de tramvai) şi în mişcare (faţă de Pământ); faţă de călător copacii şi casele sunt în mişcare!

Se spune că MIŞCAREA ŞI REPAUSUL SUNT RELATIVE, înţelegând prin aceasta că ele depind de sistemul de referinţă ales.

Prin exemple, încercaţi să arătaţi singuri că: LA TRECEREA DE LA UN SISTEM DE REFERINŢĂ LA ALTUL SE POT SCHIMBA: TRAIECTORIA, DEPLASAREA, VITEZA ŞI ACCELERAŢIA MOBILULUI.

Plecând de la aceste observaţii, fizicienii şi-au pus o interesantă întrebare (mult mai generală faţă de sfera cinematicii): cum se modifică legile mecanicii pentru observatori aflaţi în sisteme de referinţă diferite? (Altfel spus, oare un observator aflat într-o altă parte a Universului va găsi, în urma experimentelor de mecanică, aceleaşi legi ca şi un observator aflat pe Pământ?)

Răspunsul afirmativ la această ultimă întrebare (numai pentru legile mecanicii) a fost dat de GALILEO GALILEI şi de ISAAC NEWTON.

Generalizând, între altele, aceste concluzii pentru legile din toate domeniile fizicii, ALBERT EINSTEIN a elaborat, în 1905, cunoscuta şi moderna sa TEORIE A RELATIVITĂŢII.

4. FORŢA

4.1. INTERACŢIUNE. EFECTE

Corpurile au proprietatea generală de a putea acţiona unele asupra altora. Totdeauna se observă că dacă un corp acţionează asupra altui corp, la rândul lui, şi al doilea corp acţionează asupra primului corp. Deci acţiunea dintre corpuri este reciprocă şi de aceea se numeşte **INTERACŢIUNE.**

Interacţiunea dintre corpuri poate fi mai puternică sau mai slabă; ea este deci o proprietate fizică măsurabilă. În consecinţă interacţiunea dintre corpuri conduce la definirea unei mărimi fizice numită forţă.

Forţa este mărimea fizică ce măsoară interacţiunea dintre corpuri.

Unitatea de măsură pentru forţă se numeşte NEWTON şi are simbolul N. Definiţia acestei unităţi o vom da la sfârşitul acestui paragraf (pentru a ne face o idee asupra valorii sale arătăm că 1N reprezintă forţa minimă cu care putem ridica de pe Pământ un corp cu masa de aproximativ 100g).

Ori de câte ori o forţă acţionează asupra unui corp, ea poate produce următoarele efecte:

a. schimbarea stării de mişcare (adică schimbarea vitezei ca mărime sau/şi ca direcţie şi sens). Acesta este efectul dinamic al forţei (interacţiunii).

b. schimbarea formei corpului (deformarea sa). Acesta este efectul static al forţei (interacţiunii). Deformările

pot fi elastice (corpul revine la forma iniţială când forţa încetează) şi plastice (corpul rămâne deformat).

Corpurile, după tipul deformării pe care o suferă, se numesc şi ele elastice (resort din oţel, furtun de cauciuc, radieră etc.) şi plastice (ceară, plastilină, tubul cu pastă de dinţi, bilă de plumb etc).

Efectul dinamic al forţei permite definirea unităţii de măsură pentru forţă: un Newton este acea forţă care provoacă asupra unui corp cu masa de 1kg o variaţie a vitezei de 1m/s în fiecare secundă (se presupune că forţa acţionează tot timpul pe direcţia vitezei).

4.2. MĂRIMI SCALARE ŞI VECTORIALE. VECTORUL FORŢĂ.

Pentru a cunoaşte unele mărimi fizice este suficient să precizăm valoarea lor numerică şi unitatea de măsură. Acestea se numesc mărimi scalare şi putem da ca exemplu: masa, timpul, lungimea, aria, volumul, densitatea, temperatura.

Există însă şi mărimi care, pentru a fi complet cunoscute, trebuie caracterizate prin elemente suplimentare. De exemplu, un vagonet în mişcare poate fi accelerat dacă îl împingem în sensul mişcării şi frânat dacă acţionăm în sens contrar; ca mărime forţa poate fi aceeaşi, dar efectul ei depinde de orientarea pe care o are.

Mărimile fizice la care trebuie să precizăm şi orientarea lor în spaţiu se numesc mărimi vectoriale. Viteza şi forţa sunt mărimi vectoriale (sau, pe scurt, vectori).

Orientarea unui vector este cunoscută dacă precizăm DIRECŢIA acestuia (de exemplu nord-sud sau est-vest sau verticală sau grafic sub forma unei drepte numită dreapta suport a vectorului) şi SENSUL spre care acţionează acesta (spre nord, spre est, spre stânga, în sus etc.). Vectorii paraleli se consideră că au aceeaşi direcţie.

Când un vector acţionează într-un punct precizat, acesta se numeşte PUNCTUL DE APLICAŢIE al vectorului dat.

Sistematizăm cele discutate în următoarea schemă:

- **mărimi fizice**
  - **scalare** - mărimi date prin
    - valoare numerică
    - unitate de măsură
  - **vectoriale**
    - **direcţie** } orientare
    - **sens** } orientare
    - mărime (**modul**)
      - valoare numerică
      - unitate de măsură
    - **punct de aplicaţie**

Reprezentarea mărimilor vectoriale se poate face printr-un segment de dreaptă orientat (săgeată). Se reprezintă mai întâi direcţia după care acţionează vectorul sub forma unei drepte (figura 4.1.a.).

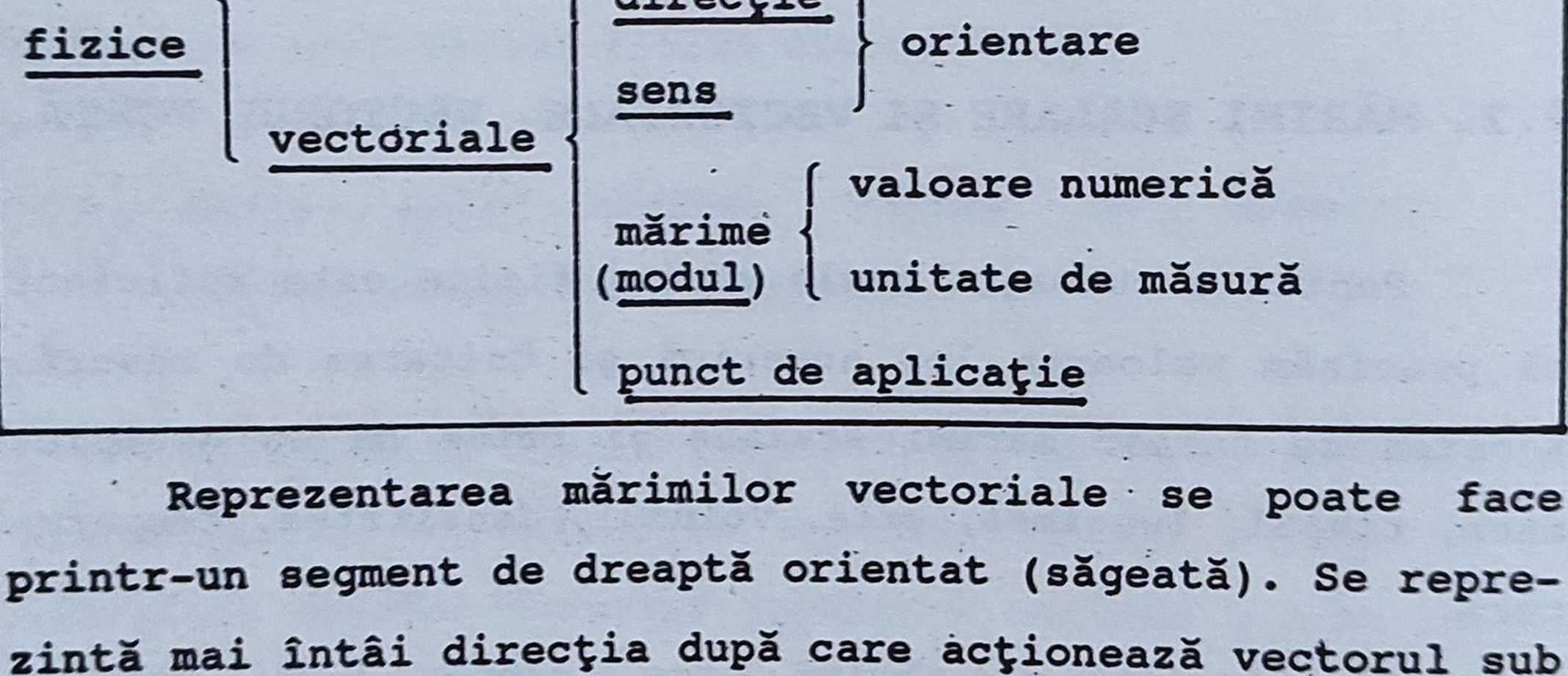


Figura 4.1.

Se alege un punct O considerat ca punct de aplicaţie al vectorului (figura 4.1.b.). Alegem o anumită scară de reprezentare a vectorului. Să presupunem, de exemplu, că forţa pe care o avem de reprezentat are modulul de 3,5N. Considerăm că pentru fiecare N putem alege un segment de 1cm (figura 4.1.c.) 1N ↔ 1cm. La această scară, forţei de 3,5N îi va corespunde un segment de 3,5cm. Luăm pe dreapta suport, dinspre punctul de aplicaţie, în sensul în care acţionează forţa, un segment orientat OA, care are lungimea de 3,5cm. Punctul A se numeşte vârful vectorului, iar O punctul de aplicaţie sau originea vectorului (figura 4.1.d.).

O mărime vectorială se notează cu o mică săgeată deasupra literei ce o caracterizează(de exemplu $\vec{F}$, $\vec{v}$, $\vec{a}$)

Când ne referim numai la modulul mărimii nu trebuie să punem această săgeată (F=3,5N).

4.3. MĂSURAREA FORŢELOR

4.3.1. Construcţia unui dinamometru

A măsura orice mărime fizică înseamnă a o compara cu o mărime fizică de acelaşi fel, aleasă prin convenţie drept unitate de măsură.

Cel mai adesea, în practică, noţiunea de forţă este legată de tragerea sau împingerea unui corp. Pentru a înţelege mai multe lucruri despre forţe şi pentru a învăţa câte ceva despre măsurători în general, este util să se construiască un instrument pentru măsurarea forţelor.

Instrumentul cu care se măsoară forţa se numeşte DINAMOMETRU. Cum puteţi construi un dinamometru ?

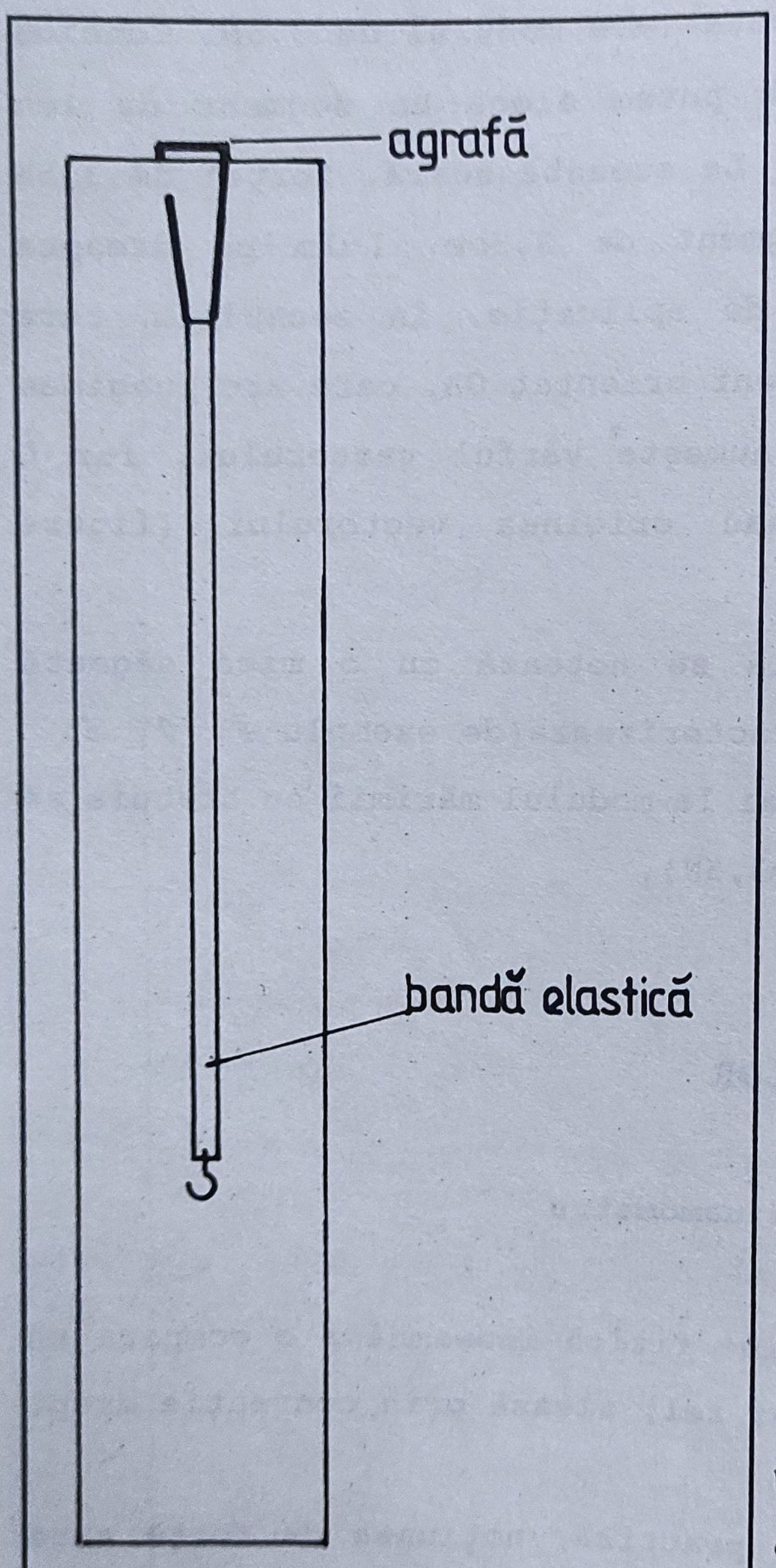


Figura 4.2.

Faceţi o gaură într-o bucată de carton şi introduceţi în ea o agrafă de hârtie de care este agăţată o bandă elastică (figura 4.2.). Lăsaţi elasticul să atârne liber şi marcaţi pe carton nivelul la care ajunge capătul său inferior cu „0" unităţi. Apoi atârnaţi de elastic un corp cu o masă de 100g şi marcaţi nivelul la care ajunge capătul inferior cu "1". Vom întrebuinţa acest dinamometru pentru a compara diverse forţe cu forţa egală cu greutatea unui corp cu masa de 100g. Cu alte cuvinte, UNITATEA de forţă va fi greutatea unui corp cu masa de 100g. În continuare atârnaţi un corp cu masa de 200g de elastic şi marcaţi poziţia capătului inferior cu „2". Repetaţi procesul cu corpuri având masele

300g şi 400g. Dacă elasticul vostru este foarte slab (moale), puteţi măsura cu ajutorul lui doar forţe mici şi, deci, va trebui să folosiţi o unitate mai mică pentru forţă, de exemplu greutatea unui corp cu masa de 50g (sau chiar şi mai mică). Când aţi terminat de marcat poziţiile menţionate anterior de-a lungul unei linii drepte, de la 0 unităţi la 4 unităţi,... se spune că aţi terminat procesul numit "ETALONAREA DINAMOMETRULUI". Aceasta înseamnă că aţi construit o scară care permite măsurarea unei forţe de valoare necunoscută. Pentru înregistrarea rezultatelor măsurătorilor alcătuiţi un tabel după modelul de mai jos:

TABEL DE DATE: MĂSURAREA FORŢELOR CU DINAMOMETRUL		
No. det.	Forţa	Mărimea forţei
1.	greutatea unui penar	
2.	forţa necesară ruperii unei bucăţi de plastilină	

Precizări: presupunem că vreţi să măsuraţi greutatea unui penar. Găsiţi o modalitate pentru a atârna acest penar de dinamometru şi observaţi unde ajunge capătul inferior al elasticului. Dacă acest capăt ajunge între 2 unităţi şi 3 unităţi, puteţi să scrieţi în tabel 2 unităţi (sau 3 unităţi). Deci dacă acest capăt ajunge între 2 semne de pe scară, va trebui să estimaţi (aproximaţi) dacă sunt 2+1/4 unităţi, 2+1/2 unităţi, 2+2/3 unităţi etc. Acest proces de aproximare a valorii unei mărimi se numeşte INTERPOLARE.

Dacă unităţile de pe scală sunt egal depărtate una de alta, totul devine foarte uşor. Puteţi împărţi spaţiul dintre două unităţi succesive în 10 părţi egale şi astfel puteţi măsura a zecea parte dintr-o unitate. O scală cu spaţii egale între unităţi este numită SCALĂ LINIARĂ. Scala voastră este liniară? Încercaţi să marcaţi pe scala voastră 1 1/4 unităţi, 1 1/2 unităţi, 1 3/4 unităţi etc.

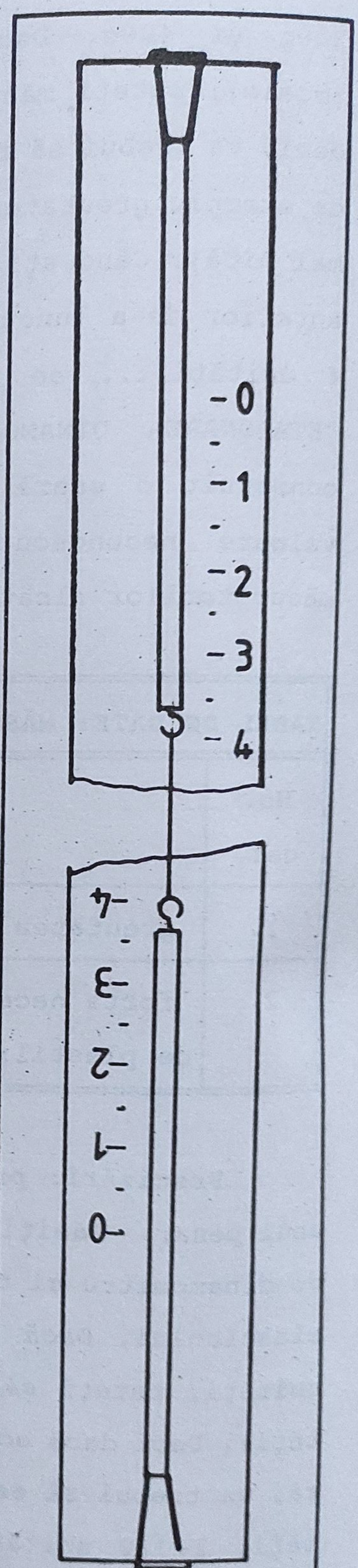


Figura 4.3.

4.3.2. Studiul forţelor cu ajutorul a două dinamometre

1. Încercaţi să purtaţi un mic „război" cu o altă persoană! Pentru aceasta agăţaţi dinamometrul vostru de dinamometrul altui elev prin intermadiul unui inel de hârtie sau al unei bucăţi dintr-un resort (figura 4.3.). Este necesar ca dinamometrul celuilalt elev să aibă aceeaşi unitate de măsură pentru forţă ca şi al vostru.
2. Trageţi foarte uşor, până când dinamometrul vostru arată o unitate.
3. Apoi trageţi puţin mai tare, astfel ca dinamometrul vostru să arate două unităţi.

4. Completaţi următorul tabel de rezultate pentru a urmări ce forţă indică dinamometrele în fiecare caz:

TABEL DE DATE - STUDIUL FORŢELOR CU DOUĂ DINAMOMETRE		
No.det.	Dinamometrul meu	Celălalt dinamometru
1.	1 U	
2.	2 U	
3.	3 U	

Acum este evident pentru voi că amândouă dinamometrele indică aceeaşi mărime a forţei.

OBSERVAŢII

Instrumentele de măsură nu sunt perfecte şi poate exista o diferenţă între ceea ce aţi măsurat (valoarea măsurată) şi valoarea reală a mărimii respective. Această diferenţă este tocmai EROAREA EXPERIMENTALĂ. Trebuie să ştiţi că erorile experimentale există întotdeauna într-o măsurătoare. Erorile experimentale sunt mai mici dacă măsurătorile se efectuează cu atenţie sporită şi cu unele precauţiuni. Astfel este absolut necesar ca să eliminăm eroarea de zero şi să citim corect indicaţiile dinamometrului pentru a nu avea eroare de paralaxă; deasemenea trebuie ca, în prealabil, să verificăm dacă indicaţiile dinamometrelor sunt corecte (atârnând greutăţi de valori cunoscute).

Concluzii

Ce puteţi spune despre forţele pe care le-aţi măsurat şi ce puteţi „ghici" despre forţe în general? Desigur, mărimea forţei care acţionează asupra dinamometrului vostru este aceeaşi cu mărimea forţei care acţionează asupra celuilalt dinamometru. Dar ce putem spune despre direcţiile şi sensurile celor două forţe? Voi trageţi într-un sens, iar prietenul vostru trage exact în SENSUL OPUS.

Deci cele două forţe (care acţionează asupra unor corpuri diferite) sunt egale ca mărime, acţionează pe aceeaşi direcţie dar au SENSURI OPUSE.

Este timpul acum să ne întrebăm dacă există alte perechi de forţe pe care să le putem descrie în acelaşi fel. Încercaţi să generalizaţi ceea ce aţi observat în experimentele efectuate. Observaţi că şi ceilalţi elevi care au efectuat acelaşi experiment au obţinut aceleaşi concluzii.

Gândirea plină de imaginaţie a lui ISAAC NEWTON i-a permis generalizarea acestei idei în anul 1666 în felul următor:

> „Când un dinamometru trage de un obiect, atunci şi acel obiect trage de dinamometru şi chiar dacă această forţă nu se poate vedea sau măsura, este sigur că ea are aceeaşi valoare numerică ca şi prima".

De fapt Newton dezvoltă ideea că o forţă nu poate exista izolat (singură): fiecare forţă are o pereche - cu aceeaşi mărime, în aceeaşi direcţie, dar având sens opus şi care acţionează asupra celuilalt corp.

Direcţia, sensul şi mărimea sunt deci foarte importante în descrierea unei forţe ca dealtfel şi punctul unde acţionează (punctul de aplicaţie).

Unitatea de forţă pe care aţi folosit-o este de fapt aproximativ aceeaşi cu unitatea din Sistemul Internaţional - care se numeşte NEWTON având simolul N. Un newton este cu 2% mai mare decât forţa necesară pentru a echilibra greutatea unui corp cu masa de 100g.

PRECIZARE

Forţa cu care Pământul atrage orice corp se numeşte greutatea corpului. Această forţă acţionează spre centrul Pământului. Mărimea acestei forţe este aproximativ 1N pentru un corp cu masa de 100g, 10N pentru un corp cu masa de 1kg, 100N pentru un corp cu masa de 10kg etc.

Putem generaliza spunând că „tăria" gravitaţiei (în România) este de aproximativ 10 Newtoni pe kilogram (mai exact, este de 9,81N/kg).

Unul dintre cele mai interesante şi curioase lucruri din fizică este coïncidenţa dintre valorile acceleraţiei de cădere a corpurilor şi „tăriei gravitaţiei". Astfel, propoziţia: *„acceleraţia de cădere a corpurilor în România este egală cu 9,81m/s²* " este echivalentă cu propoziţia: *„tăria gravitaţiei în România este 9,81N/kg*".

De fapt această coincidenţă nu este întîmplătoare, dar mai multe lucruri despre acest aspect veţi învăţa mai târziu.

4.4. COMPUNEREA FORŢELOR

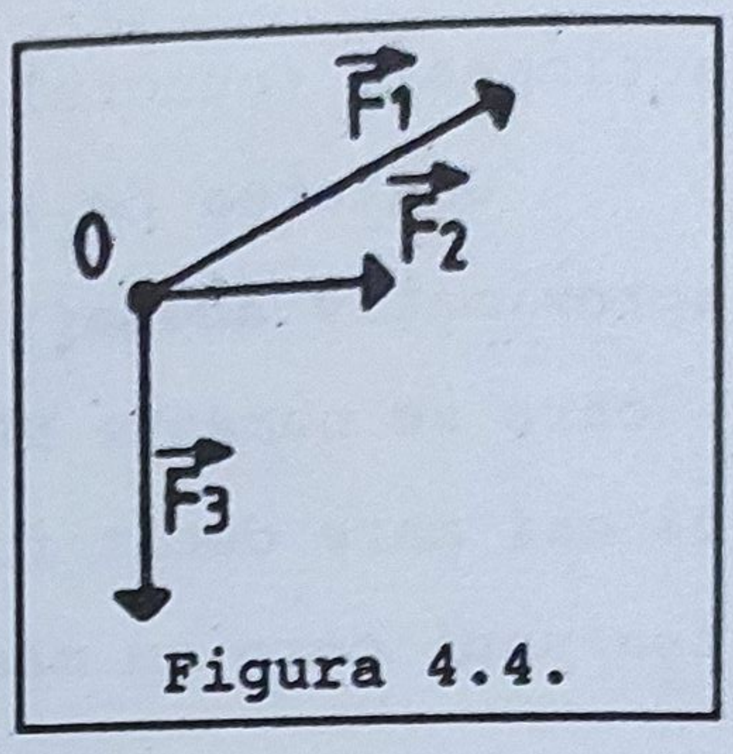


Figura 4.4.

De multe ori asupra unui corp acţionează simultan mai multe forţe. Fiecare forţă are propriul ei efect şi de aceea mişcarea sau deformarea corpului este influenţată de fiecare din forţe. Ar fi mai simplu să considerăm că asupra corpului acţionează o singură forţă care să exercite acelaşi efect ca şi grupul de forţe dat. Forţa care înlocuieşte un grup de forţe (determinând, deci, asupra unui corp acelaşi efect) se numeşte rezultanta acelor forţe. Găsirea rezultantei este în general o operaţie dificilă dar în anumite cazuri (forţe constante în timp, de direcţie fixă) devine mai simplă. Notând rezultanta forţelor $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$ şi $\vec{F}_3$ cu $\vec{R}$ (vezi figura 4.4.) putem scrie:

$$\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3$$

4.4.1. Compunerea forţelor coliniare de acelaşi sens

Forţele care acţionează simultan asupra unui corp după aceeaşi dreaptă suport se numesc coliniare.

Două forţe coliniare pot avea avea acelaşi sens sau sensuri contrare.

Compunerea forţelor coliniare de acelaşi sens se poate face generalizând rezultatul experimentului descris mai jos:

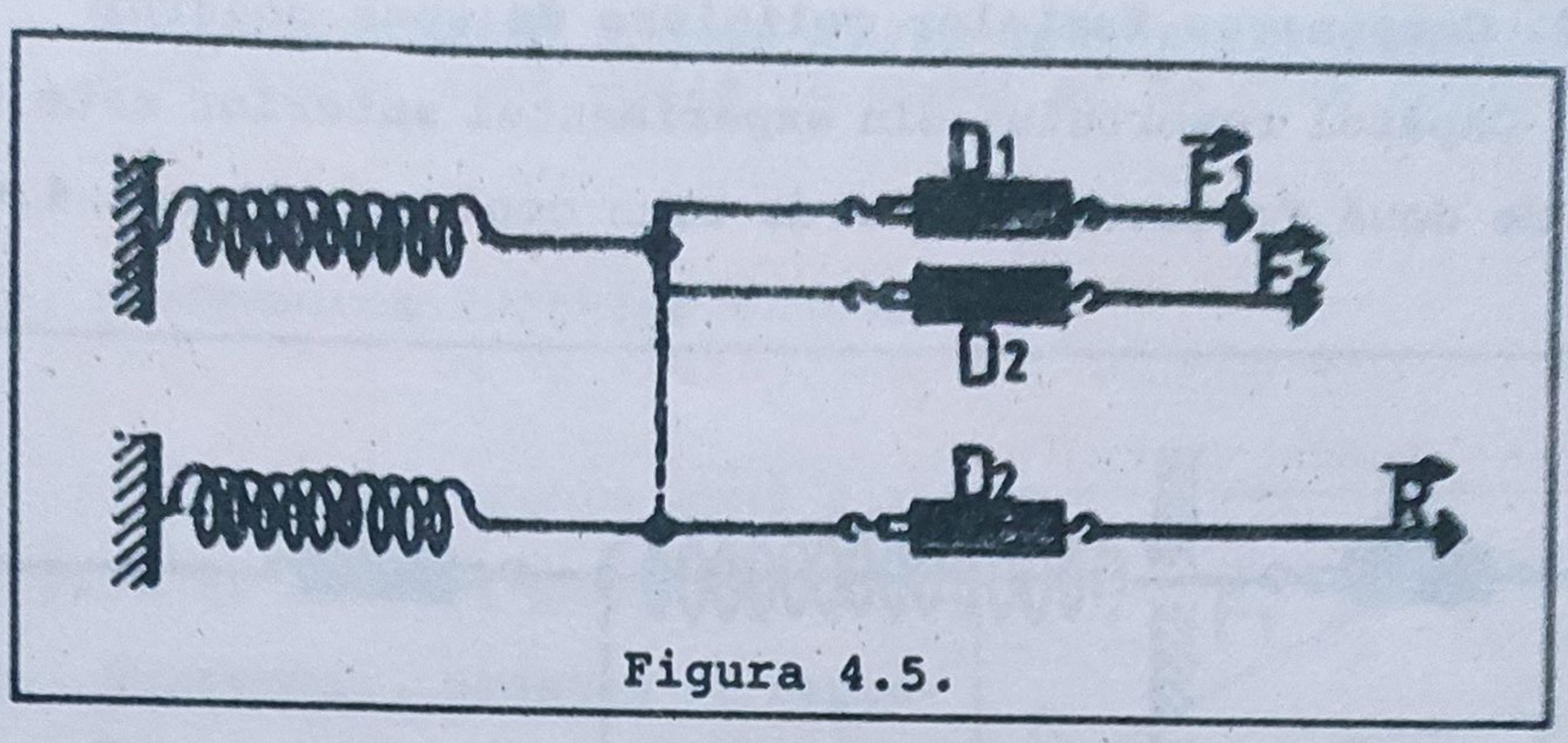


Figura 4.5.

Considerăm un resort orizontal (figura 4.5.) de care tragem simultan cu două dinamometre. Notăm alungirea resortului şi valorile celor două forţe $\vec{F}_1$ şi $\vec{F}_2$. Tragem apoi resortul cu un singur dinamometru, astfel încât alungirea să fie aceeaşi. Forţa cu care tragem poate fi considerată, în acest caz, rezultanta $\vec{R}$ a forţelor $\vec{F}_1$ - şi $\vec{F}_2$. Notăm valoarea forţei R. Constatăm, repetând experimentul pentru diferite forţe, că $R=F_1+F_2$.

Rezultanta a două forţe coliniare de acelaşi sens este o forţă coliniară şi de acelaşi sens cu forţele date şi care are modulul egal cu suma modulelor celor două forţe.

Observaţie:

Relaţia $\vec{R}=\vec{F}_1+\vec{F}_2$ arată că forţa $\vec{R}$ este rezultanta forţelor $\vec{F}_1$ şi $\vec{F}_2$, în timp ce relaţia $R=F_1+F_2$ arată că modulul rezultantei este egal cu suma modulelor acestor forţe.

4.4.2. Compunerea forţelor coliniare de sens contrar

Capătul resortului din experimentul anterior este tras acum de două forţe coliniare de sens contrar (figura 4.6.).

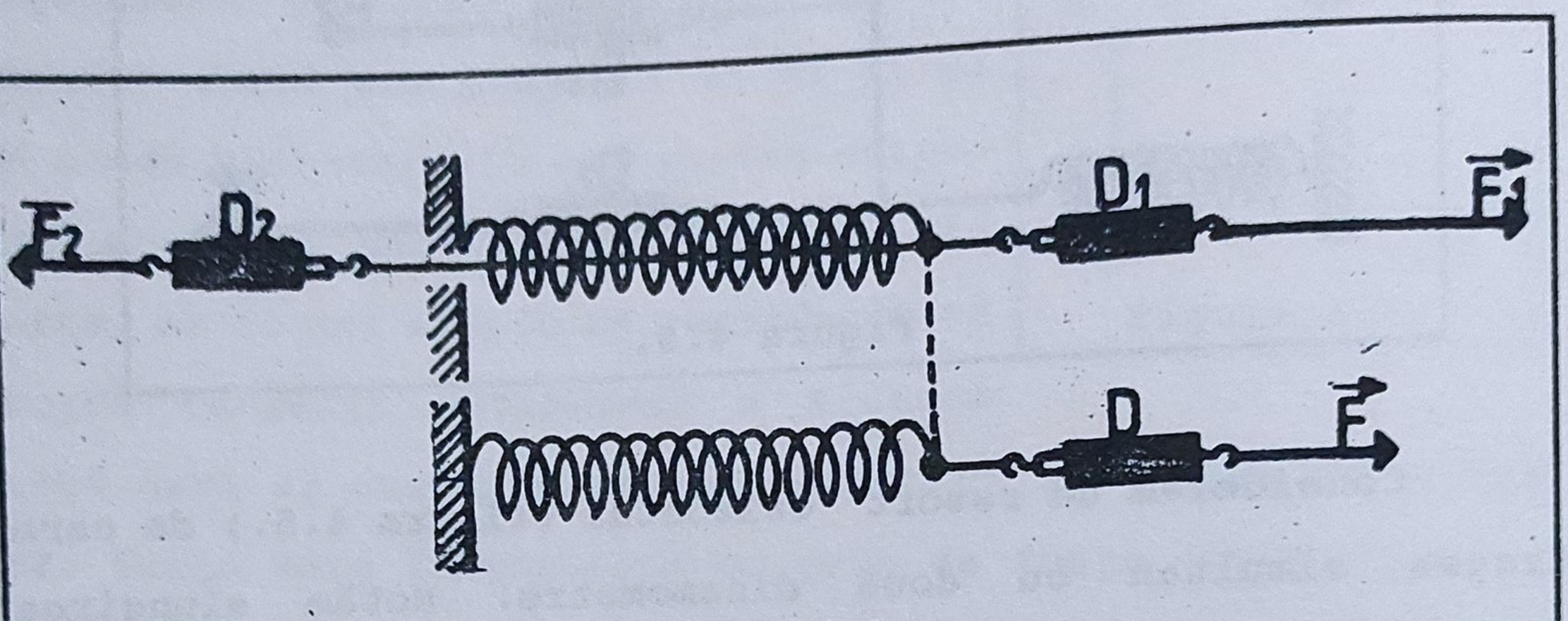


Figura 4.6.

Pentru a alungi resortul trebuie ca $F_1 > F_2$. Înlocuim cele două forţe cu o singură forţă, indicată de dinamometrul D astfel ca resortul să aibă aceeaşi alungire. Putem repeta experimentul pentru diverse valori ale forţelor F_1 şi F_2, constatând de fiecare dată că $R=F_1-F_2$.

Rezultanta a două forţe coliniare de sens contrar este o forţă coliniară cu forţele date, având sensul forţei mai mari şi cu modulul egal cu diferenţa modulelor celor două forţe.

Observaţii:

1. Vectorial se scrie: $\vec{R}=\vec{F}_1+\vec{F}_2$ (rezultanta este suma vectorilor chiar dacă modulele se scad)

şi : $R = F_1 - F_2$ dacă $F_1 > F_2$

sau: $R = F_2 - F_1$ dacă $F_2 > F_1$

sau: $R = |F_1 - F_2|$ dacă nu ştim care din forţe este mai mare

2. În particular, dacă $F_1=F_2$ rezultă că: $R=0$

Dacă rezultanta a două forţe este nulă, atunci cele două forţe sunt egale ca modul şi de sens contrar.

4.4.3. Compunerea forţelor concurente

Forţele concurente sunt forţele care au acelaşi punct de aplicaţie. Schematic, acestea se reprezintă sub forma unor vectori care fac un anumit unghi între ei, având originea comună. Forţele coliniare sunt cazuri particulare de forţe concurente; ele corespund unui unghi de 0° sau 180° între cei doi vectori.

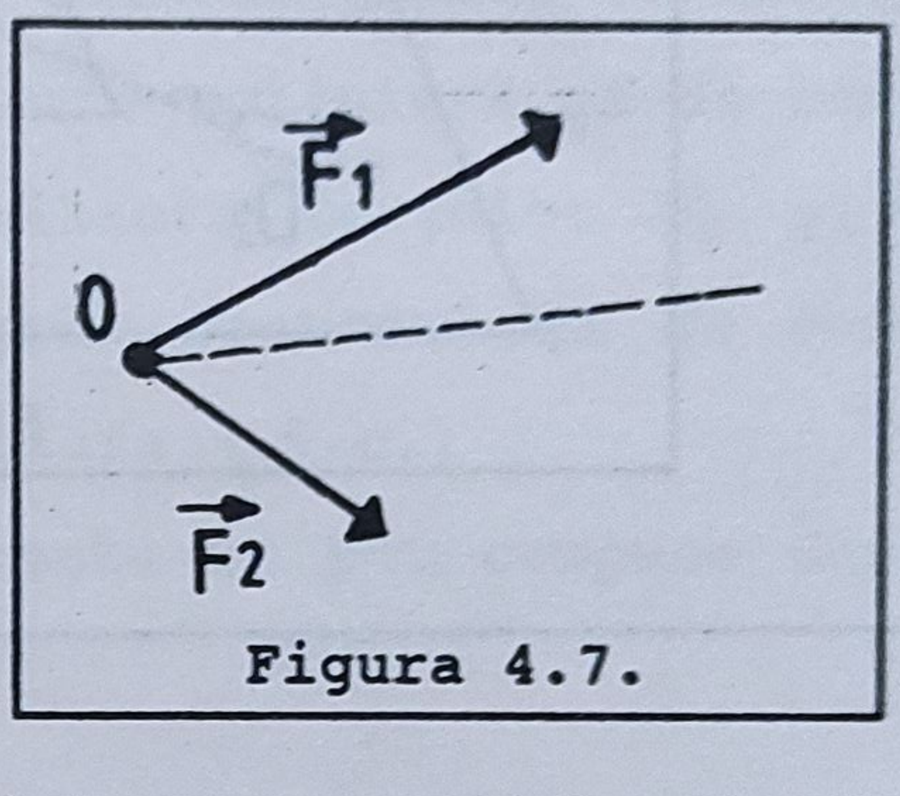


Figura 4.7.

Să considerăm că asupra unui corp acţionează simultan două forţe concurente ca în figura 4.7.

Corpul se va mişca după direcţia dată de dreapta punctată. Deci forţa rezultantă va avea o altă direcţie decât forţele date; se constată că ea depinde atât de mărimea forţelor $\vec{F}_1$ şi $\vec{F}_2$ cât şi de unghiul dintre ele. Vom efectua un experiment care ne va indica modul de găsire a rezultantei a două forţe concurente.

Pe o masă orizontală punem o foaie curată de hârtie pe care stă un mic inel din sârmă. Tragem de inel cu ajutorul a trei dinamometre potrivind cele trei forţe în aşa fel ca inelul să fie în repaus (figura 4.8.).

Pe foaia de hârtie însemnăm direcţiile după care acţionează cele trei forţe; deasemenea notăm valoarea fiecărei forţe. Scoatem apoi foaia de hârtie şi reprezentăm cele trei forţe la aceeaşi scară (figura 4.9.a.).

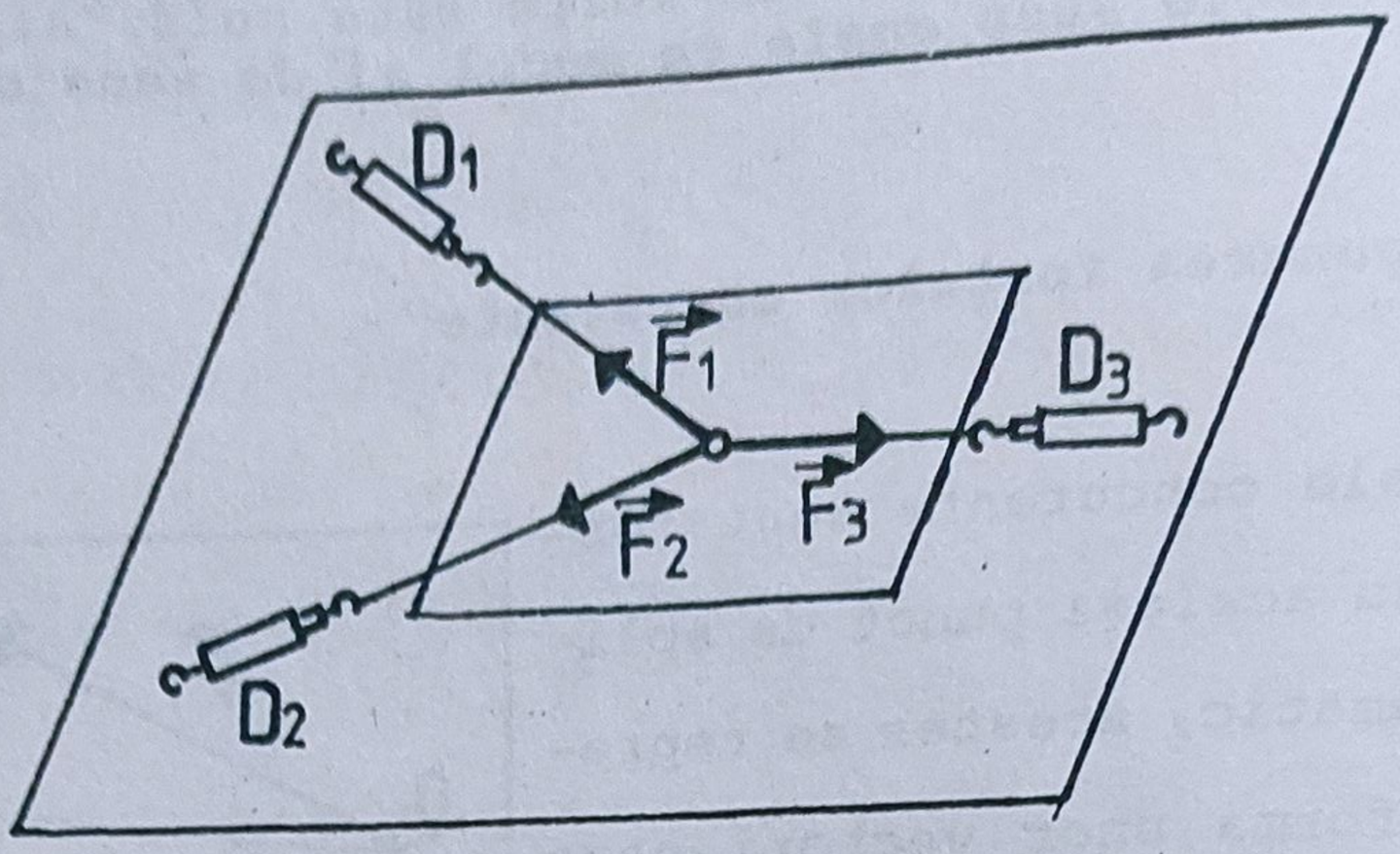


Figura 4.8.

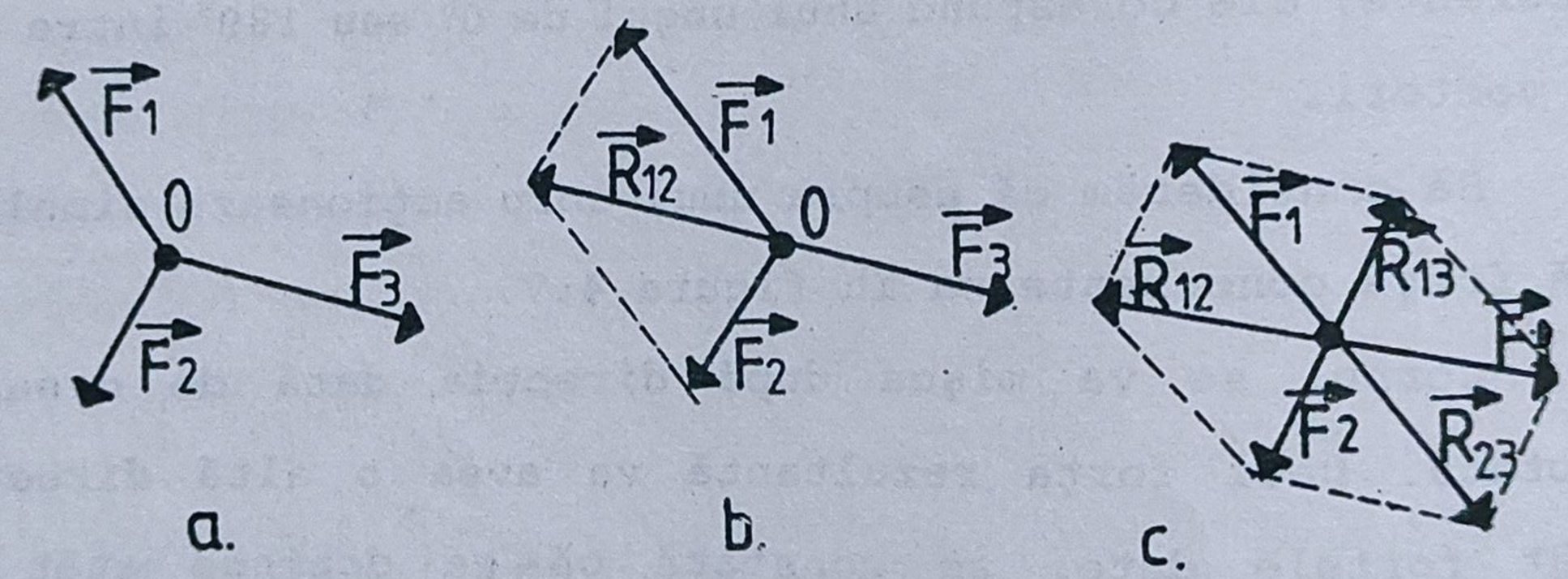


Figura 4.9.

Construim paralelogramul care are forţele $\vec{F}_1$ şi $\vec{F}_2$ drept laturi (prin vârful fiecărei forţe ducem o paralelă la cealaltă forţă). Observăm că diagonala acestui paralelogram (figura 4.9.b.), este coliniară şi are aceeaşi lungime ca şi $\vec{F}_3$. Transformând această diagonală într-un vector $\vec{R}_{12}$ coliniar, de sens contrar şi egal în modul cu $\vec{F}_3$ putem scrie:

$$\vec{R}_{12} + \vec{F}_3 = 0$$

Pe de altă parte, pentru că inelul este în echilibru, avem: $\vec{F}_1+\vec{F}_2+\vec{F}_3=0$. Rezultă că:

$$\vec{R}_{12}=\vec{F}_1+\vec{F}_2$$

Diagonala paralelogramului ce are forţele date ca laturi caracterizează forţa rezultantă atât ca direcţie cât şi ca modul.

În mod similar se poate verifica faptul că rezultanta $\vec{R}_{13}$ a forţelor $\vec{F}_1$ şi $\vec{F}_3$ (diagonala în paralelogramul construit luând cele două forţe ca laturi) este coliniară şi de sens contrar cu $\vec{F}_2$. De asemenea rezultanta forţelor $\vec{F}_2$ şi $\vec{F}_3$ notată cu $\vec{R}_{23}$ este coliniară, egală în modul şi de sens contrar cu forţa $\vec{F}_1$ (a se vedea figura 4.9.c.)

În concluzie forţele concurente se pot compune după următoarele două reguli:

Regula paralelogramului.

Fiind date două forţe concurente $\vec{F}_1$ şi $\vec{F}_2$, se construieşte paralelogramul care are cele două forţe ca laturi; diagonala acestui paralelogram, considerată ca vector ce are originea în originea comună a forţelor şi vârful în capătul opus este tocmai rezultanta celor două forţe (figura 4.10.)

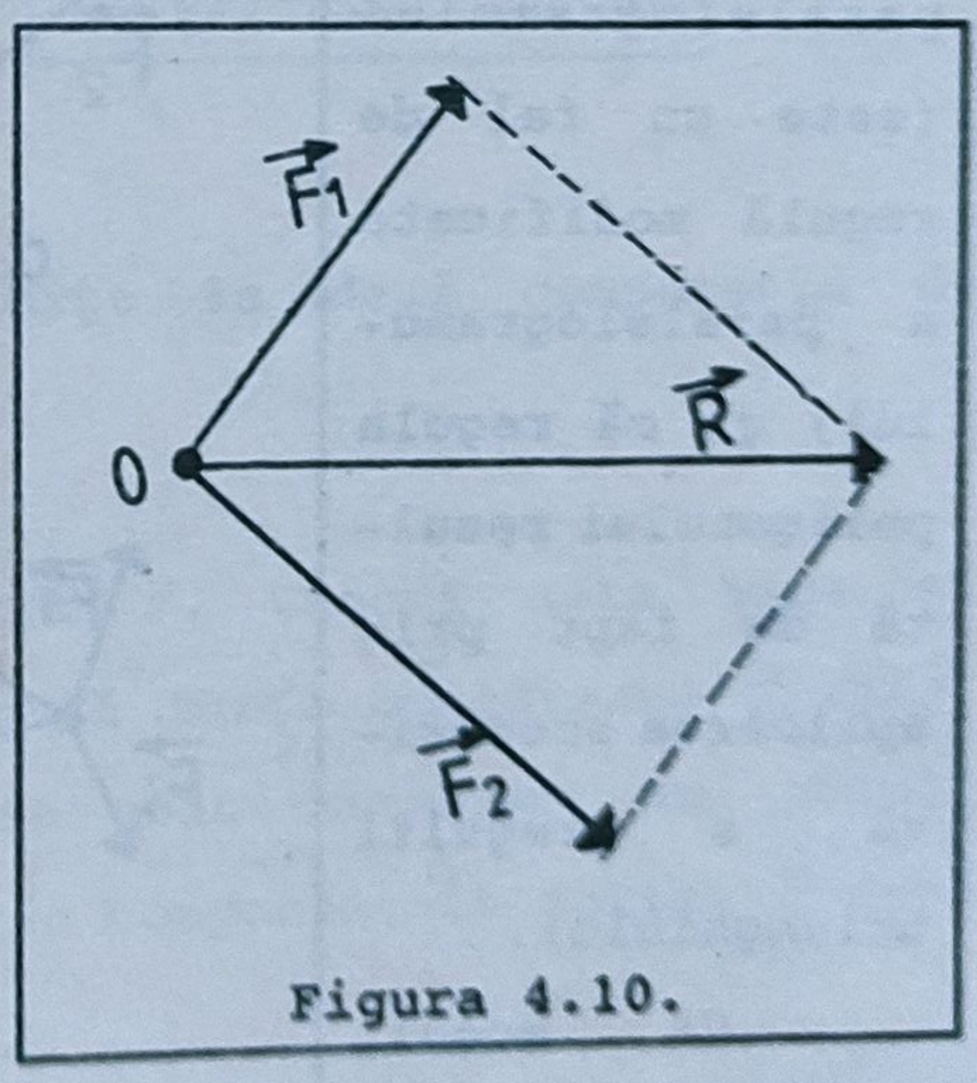


Figura 4.10.

Regula triunghiului (poligonului)

Se aşează vectorii ce trebuie compuşi cap la cap, astfel încât vârful unui vector să coincidă cu originea vectorului următor; rezultanta va fi vectorul ce uneşte originea primului vector cu vârful ultimului vector.

Când compunem doi vectori obţinem un triunghi (figura 4.11.a. şi b.) iar când compunem mai mulţi vectori - un poligon (figura 4.11.c. şi d.).

Încercaţi singuri să arătaţi că regula triunghiului este echivalentă cu regula paralelogramului (este un fel de regulă modificată a paralelogramului) şi că regula poligonului rezultă de fapt prin aplicarea succesivă a regulii triunghiului.

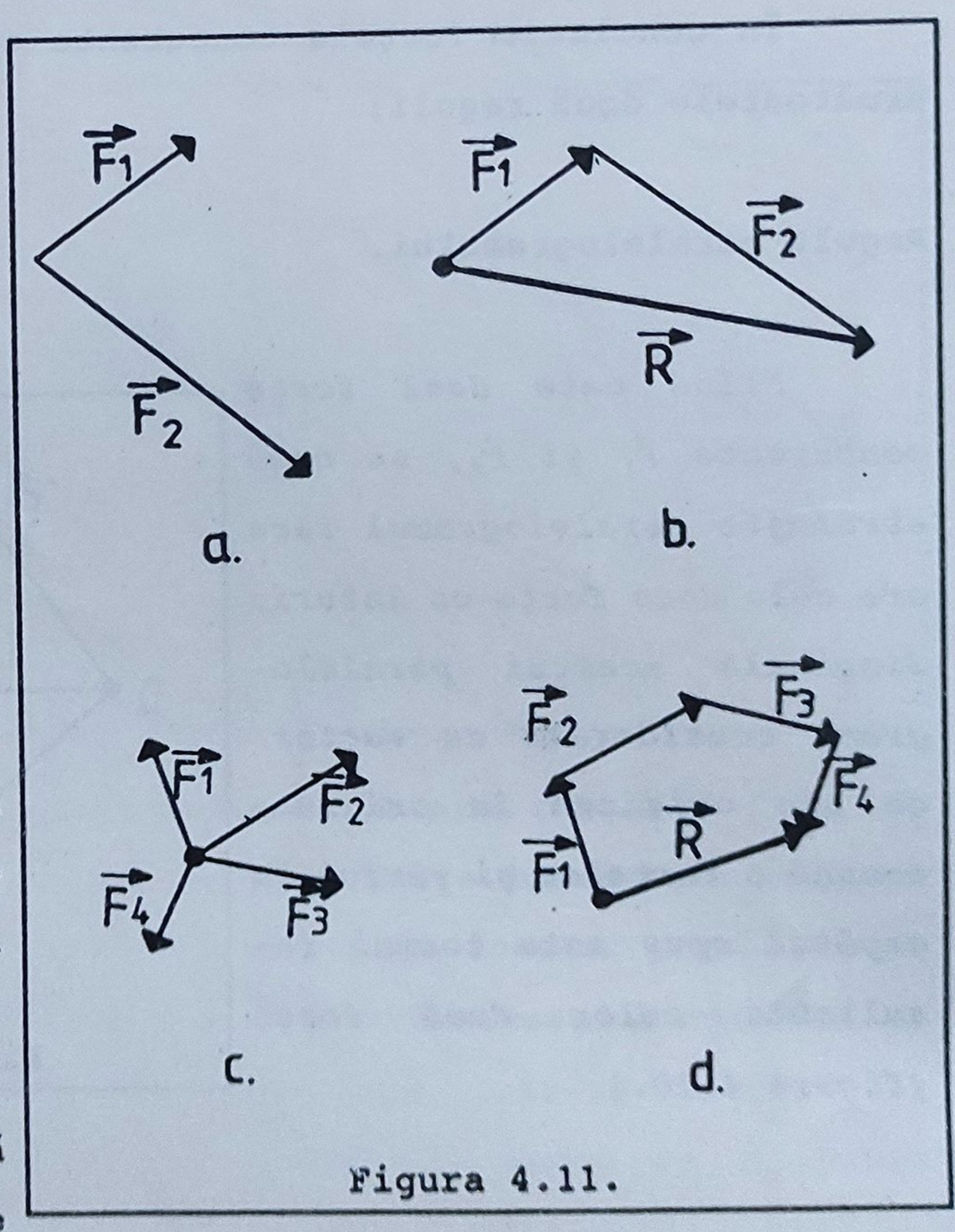


Figura 4.11.

Ca modul, rezultanta a două forţe concurente nu poate depăşi suma modulelor celor două forţe:

$$R \leq F_1 + F_2.$$

Egalitatea are loc când unghiul dintre cele două forţe este de 0°, adică forţele sunt coliniare şi au acelaşi sens.

Crescând unghiul dintre $\vec{F}_1$ şi $\vec{F}_2$ modulul rezultantei scade. Cea mai mică valoare corespunde cazului când unghiul dintre forţe este egal cu 180°, deci când forţele sunt coliniare şi de sens contrar. În acest caz modulul rezultantei este egal cu diferenţa modulelor celor două forţe. Deci putem scrie:

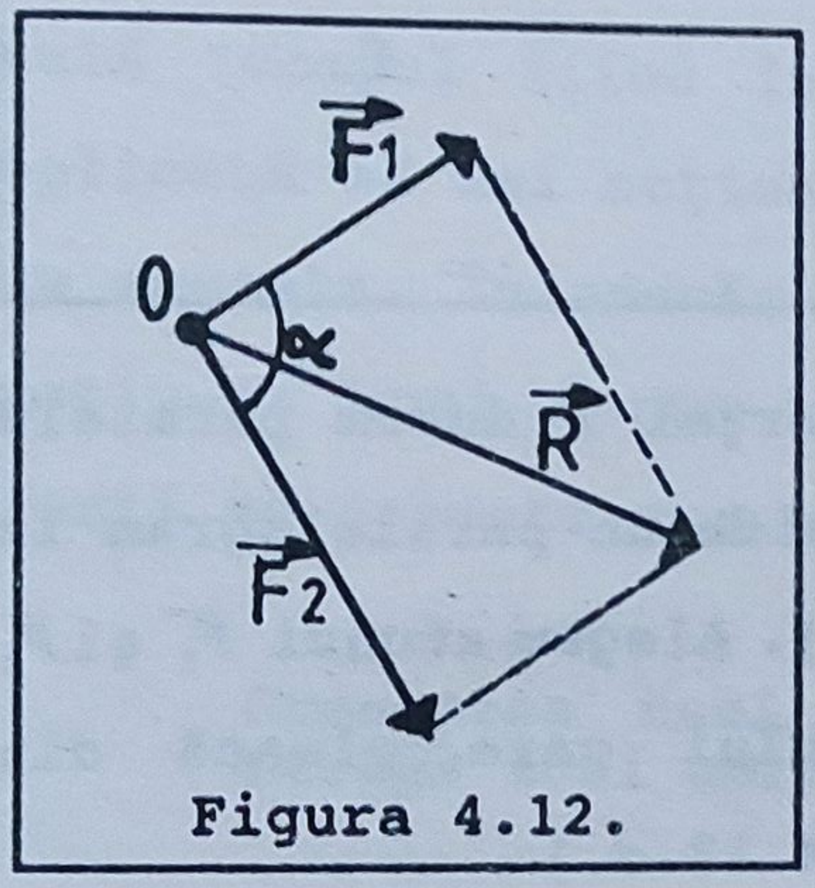


Figura 4.12.

$$|F_1 - F_2| \leq R \leq F_1 + F_2$$

Notând cu α unghiul dintre forţe (figura 4.12.) se poate scrie că modulul rezultantei are valoarea:

$$R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2\cos\alpha}$$

4.4.4. Descompunerea unei forţe în două componente de direcţii date

Considerăm dată o forţă $\vec{F}$. Uneori este bine să înlocuim această forţă prin două forţe concurente $\vec{F}_1$ şi $\vec{F}_2$ care au direcţii date şi care prin compunere dau tocmai forţa $\vec{F}$. Aceste forţe se numesc componentele forţei $\vec{F}$ după direcţiile date.

Pentru a găsi cele două componente se procedează astfel: Fie forţa $\vec{F}$ şi D_1 şi D_2 direcţiile pe care dorim să le aibă cele două componente (figura 4.13.a.)

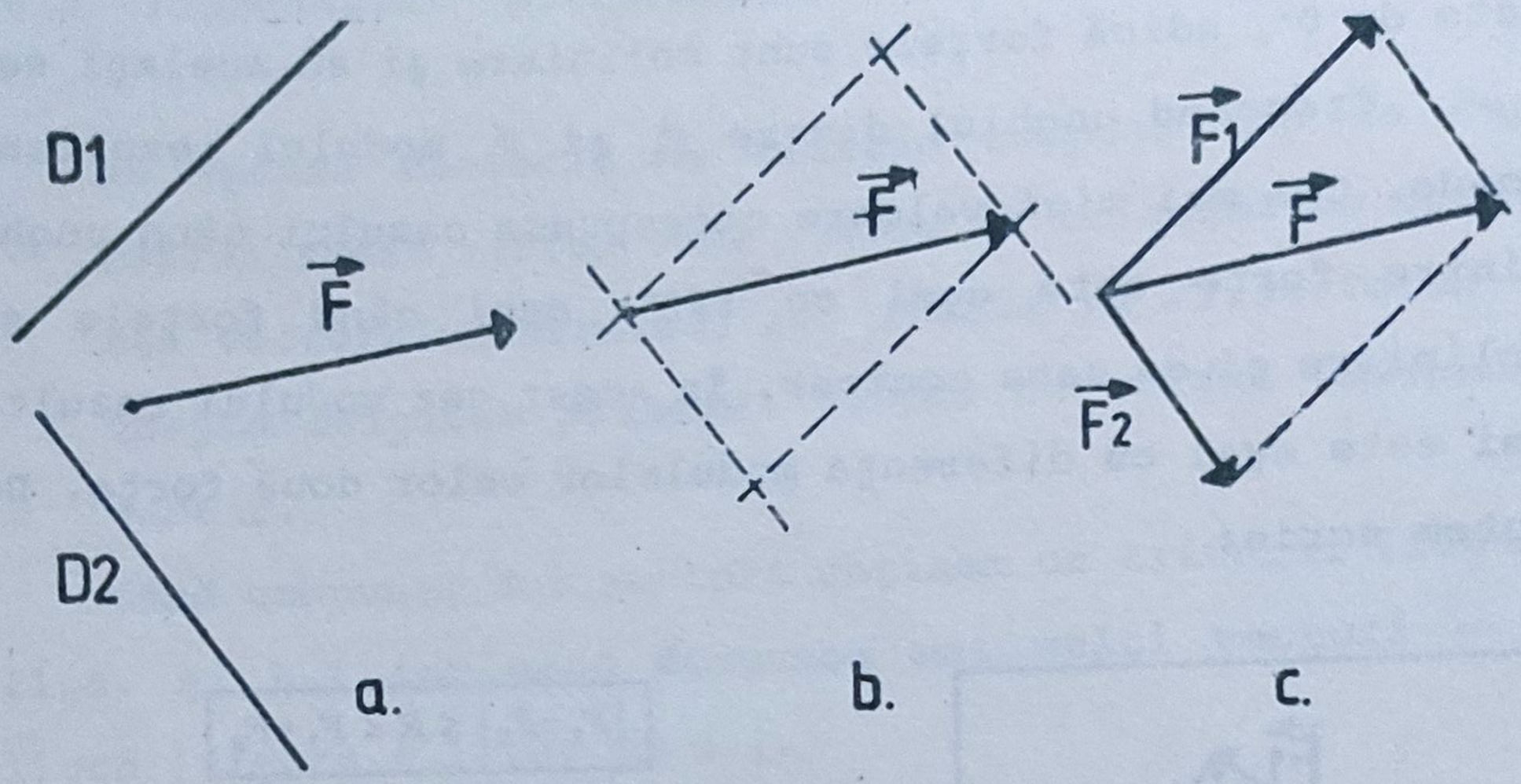


Figura 4.13.

Prin originea şi prin vârful forţei $\vec{F}$ ducem paralele la cele două direcţii. Astfel se închide un paralelogram în care $\vec{F}$ este diagonală (figura 4.13.b.). Alegem atunci $\vec{F}_1$ şi $\vec{F}_2$ cele două laturi ale paralelogramului care pleacă din originea O a vectorului dat (figura 4.13.c.)

4.5. TIPURI DE FORŢE

Există diferite tipuri de forţe, a căror denumire reflectă cauza apariţiei lor: de exemplu , forţa de frecare, forţa elastică, greutatea, forţa electrică, forţa magnetică, forţe nucleare.

Vom prezenta în cele ce urmează câteva forţe care apar în mod uzual în timpul mişcării corpurilor: greutatea, forţa de frecare şi forţa elastică. Veţi vedea în clasele următoare că forţa de frecare şi forţa elastică, deşi apar în

mecanică, sunt forţe de natură electrică, exercitate la scara microscopică a atomilor sau a moleculelor.

4.6. GREUTATEA CORPURILOR

Pentru a menţine un corp în repaus la o anumită înălţime faţă de suprafaţa Pământului este necesară o forţă ce acţionează vertical în sus. Cum rezultanta forţelor este nulă (corpul fiind în repaus) trebuie ca pe lîngă forţa aplicată să mai acţioneze o forţă egală şi de sens contrar cu aceasta. În adevăr, dacă îi dăm drumul, corpul cade sub acţiunea unei forţe verticale, orientată în jos. Această forţă se numeşte greutatea corpului considerat.

Greutatea unui corp este forţa cu care Pământul atrage acel corp.

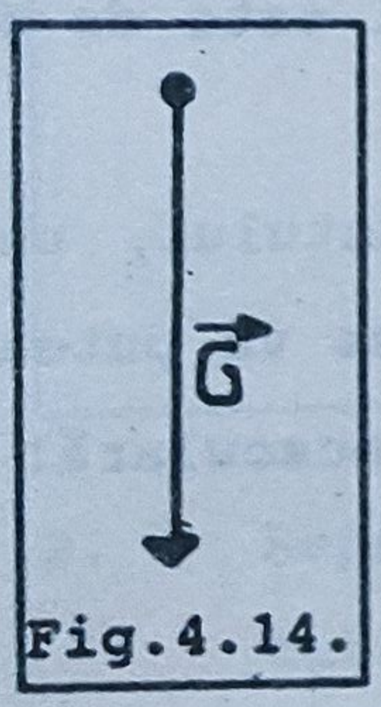


Fig.4.14.

$\vec{G}$ { direcţia: verticala locului
sensul: spre centrul Pământului
punctul de aplicaţie: un punct numit centrul de greutate al corpului
modulul: direct proporţional cu masa corpului
$G \sim m$

Unitatea de măsură pentru greutate este aceeaşi ca pentru orice forţă, adică Newtonul.

Modulul greutăţii fiind proporţional cu masa corpului, raportul G/m se notează cu g: $g = G / m$ sau:

$$G = m \cdot g$$

unde g se numeşte *acceleraţie gravitaţională.*

În S.I. ea se măsoară în N/kg (sau în m/s^2).

În ţara noastră, la nivelul mării, acceleraţia gravitaţională are valoarea: g ~9,81N/kg.

Acceleraţia gravitaţională depinde de altitudine, ea scade cu creşterea depărtării faţă de centrul Pământului. Întrucât Pământul este turtit la poli, g depinde şi de latitudine.

Astfel la poli g ~9,83N/kg iar la ecuator g ~9,78N/kg.

La o înălţime (măsurată faţă de nivelul mării) egală cu raza Pământului (h =R_p ~6400km) greutatea scade de 4 ori.

Greutatea unui corp la suprafaţa Lunii este de cca. 6 ori mai mică decât pe suprafaţa Pământului (Luna fiind mai mică decât Pământul, atrage mai slab corpurile). Întrucât masa corpului este aceeaşi pe Pământ ca şi pe Lună, rezultă că acceleraţia gravitaţională pe suprafaţa Lunii este de 6 ori mai mică decât pe suprafaţa Pământului.

Pe o planetă cu masa mai mare ca a Pământului, un cosmonaut se va simţi mai greu; uneori nici nu se va putea deplasa chiar dacă ar utiliza întreaga sa forţă musculară!

4.7. FORŢA DE FRECARE

Experimentele prezentate în cele ce urmează se efectuează înaintea cunoaşterii teoretice a fenomenului de frecare, ele reprezentând o ilustrare a metodei de învăţare prin descoperire.

4.7.1 Studiul experimental al frecării

Instrucţiuni

1. Trageţi încet un penar de-a lungul unei mese cu ajutorul unui dinamometru (figura 4.15.). Dacă trageţi cu o forţă suficientă pentru a menţine corpul în mişcare uniformă (cu viteză constantă) dinamometrul va indica o forţă egală ca valoare cu forţa de frecare de alunecare dintre corp şi masă.

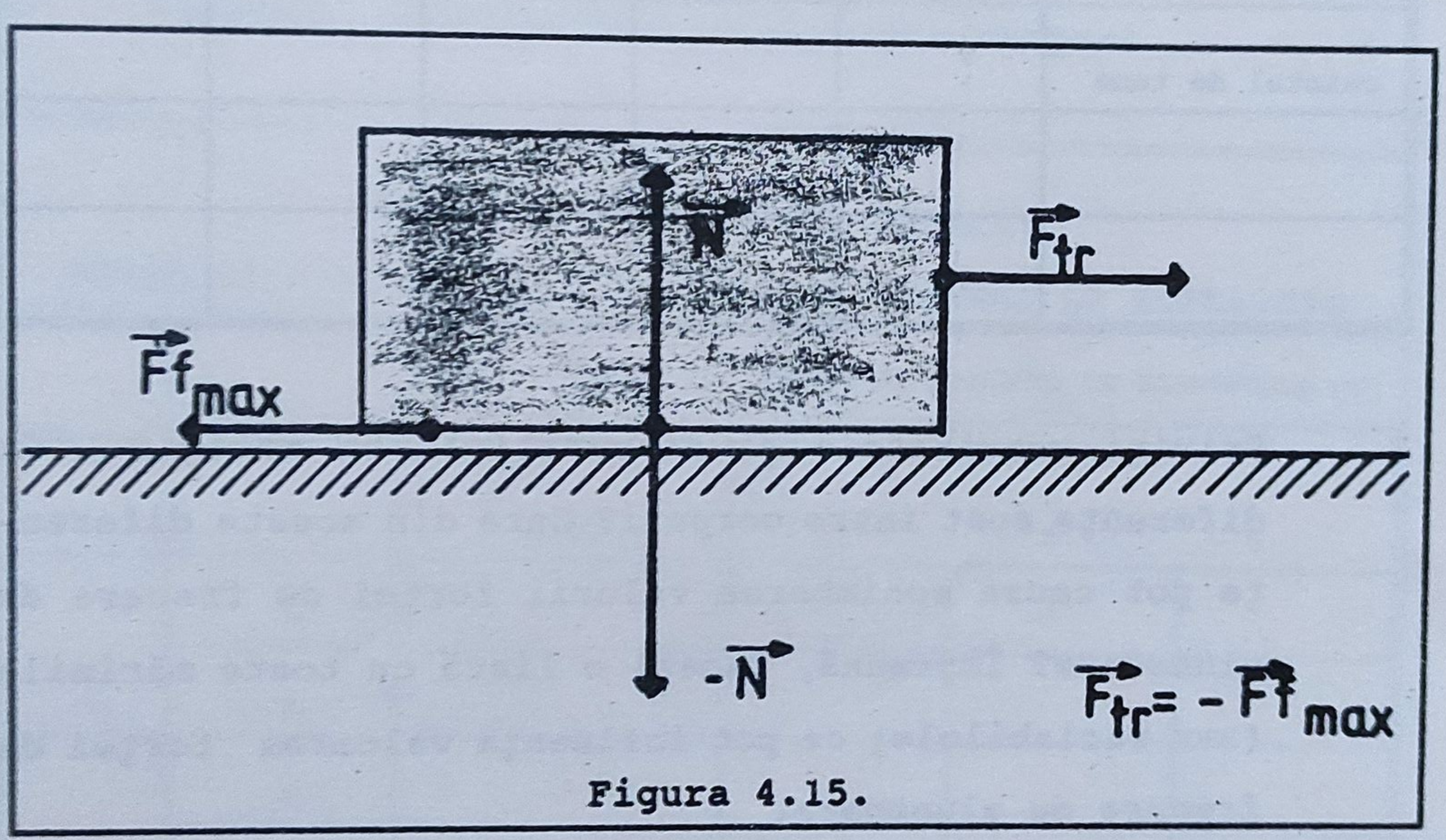


Figura 4.15.

2. Repetaţi acest lucru şi alcătuiţi un tabel de rezultate cu valoarea forţei de frecare de alunecare pentru diferite corpuri. Este destul de dificil să tragi cu o forţă constantă şi să citeşti indicaţia dinamometrului, aşa că repetaţi măsurătorile de câteva ori pentru fiecare corp şi calculaţi media.

TABEL DE DATE: FORŢA DE FRECARE PENTRU DIVERSE CORPURI					
CORP	Forţa de frecare de alunecare (N)				
	prima măsurare	a II-a	a III-a	a IV-a	media
penarul					
stiloul					
caietul de teme					

3. Priviţi rezultatele şi discutaţi-le cu colegii. Ce diferenţe sunt între corpuri? Care din aceste diferenţe pot cauza schimbarea valorii forţei de frecare de alunecare? Împreună, faceţi o listă cu toate mărimile (sau variabilele) ce pot influenţa valoarea forţei de frecare de alunecare.

Controlul variabilelor

Când vrem să aflăm dacă o mărime (variabilă) influenţează valoarea forţei de frecare de alunecare, trebuie să modificăm această variabilă şi să fim siguri că celelalte variabile rămân neschimbate în timpul experimentului.

Aria suprafeţei de contact şi forţa de frecare de alunecare

Instrucţiuni

1. Trageţi un corp de lemn cu un dinamometru şi măsuraţi valoarea forţei de frecare de alunecare.
2. Puneţi acelaşi corp pe masă, astfel încât o altă suprafaţă să fie în contact cu masa. Măsuraţi din nou forţa de frecare de alunecare.
3. Repetaţi experimentul cu diferite corpuri.

TABEL DE DATE EXPERIMENTALE:

FORŢA DE FRECARE PENTRU DIFERITE CORPURI ŞI SUPRAFEŢE

CORPUL	SUPRAFAŢA	ARIA SUPRAFEŢEI DE CONTACT (cm^2)	FORŢA DE FRECARE DE ALUNECARE (N) Măsurătoarea 1	2	3
1	a				
	b				
2	a				
	b				
3	a				
	b				

Concluzii

Priviţi rezultatele obţinute. Ce relaţie credeţi că există între forţa de frecare dinamică şi aria suprafeţei de contact? De ce forţa nu a fost foarte precis măsurată? Cum sunt variabilele controlate în acest experiment?

Un experiment mai precis

Este imposibil să tragi cu o forţă absolut constantă de dinamometru şi este dificil să citeşti indicaţia dinamometrului când acesta este în mişcare.

Există un mod mult mai precis de a măsura forţa în cazul frecării dinamice. Un fir poate fi legat de corpul de lemn şi trecut peste un scripete aflat la capătul unei suprafeţe orizontale. Un taler este agăţat la celălalt capăt al firului, pe el pot fi aşezate diferite mase. Când mişcarea este uniformă, greutatea talerului şi a maselor de pe el va fi egală cu tensiunea ce apare în fir. Aceasta va fi egală cu forţa cu care firul trage corpul de lemn (dacă scripetele este ideal).

Dispozitivul descris se numeşte TRIBOMETRU.

Cel mai simplu procedeu pentru măsurarea forţei de frecare dinamică cu acest dispozitiv este de a pune corpul pe o suprafaţă orizontală şi de a lovi uşor în această suprafaţă cu degetul mişcând greutatea pusă pe taler (fig. 4.16.). Corpul va începe să se mişte când forţa de tracţiune este egală cu forţa de frecare dinamică. (Dacă forţa de tracţiune este mai mare decât forţa de frecare dinamică, corpul se va mişca chiar dacă nu lovim suprafaţa).

După rezultatele obţinute în experimentul cu dinamometrul, probabil aveţi impresia că forţa de frecare dinamică nu se schimbă prea mult când aria suprafeţei de contact se modifică. Probabil aţi enunţat ipoteza că forţa de frecare

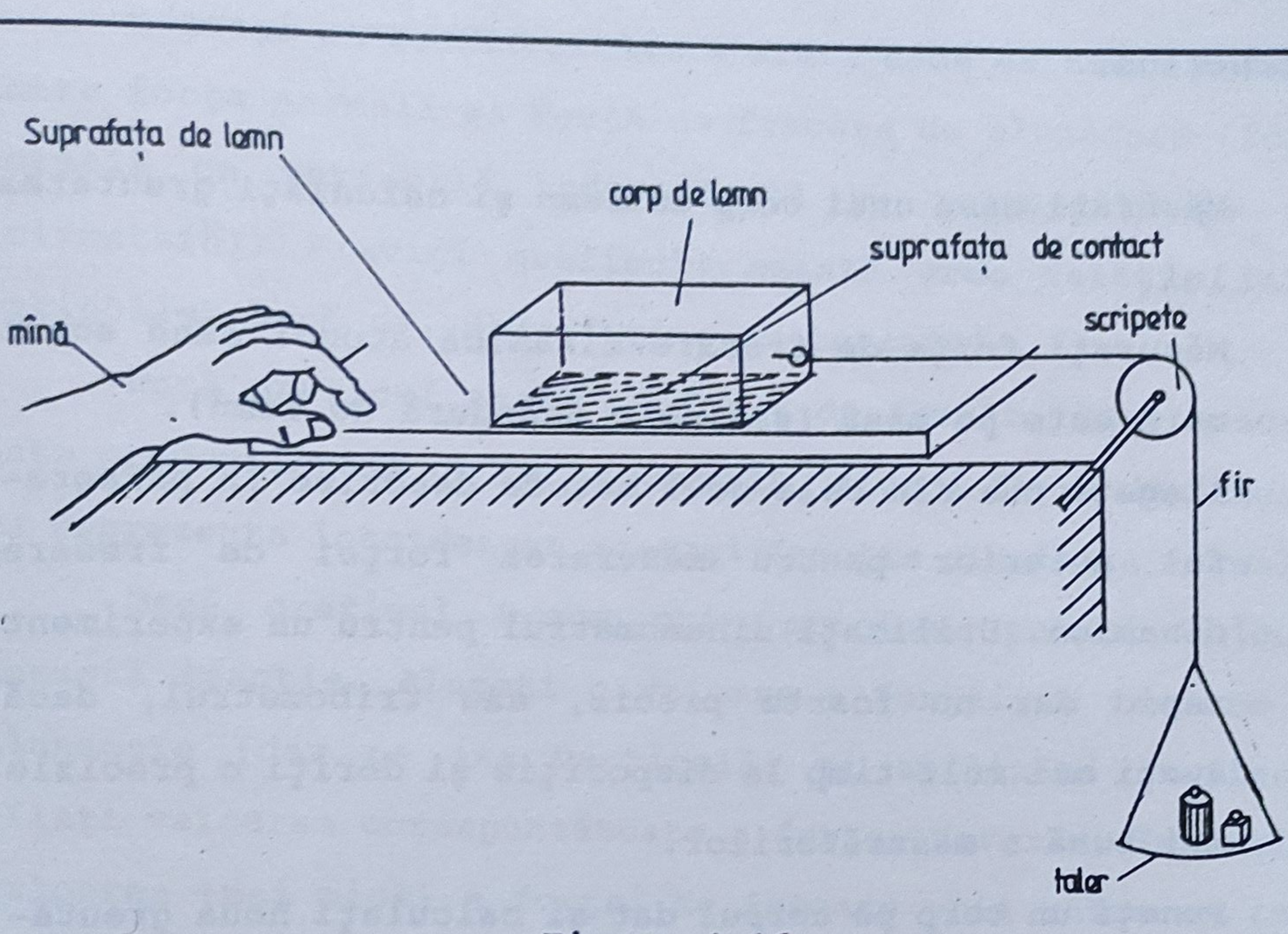


Figura 4.16.

dinamică nu depinde de aria suprafeţei de contact. Dacă aveţi timp, verificaţi această ipoteză utilizând metoda mai precisă descrisă anterior.

Alcătuiţi propriul vostru tabel de rezultate în care să notaţi masele şi ariile suprafeţelor de contact şi calculaţi valoarea forţei de frecare.

Forţa de frecare şi forţa de apăsare normală

Forţa de reacţiune normală (de jos în sus) care acţionează asupra unui corp de lemn aşezat pe o suprafaţă orizontală este egală ca valoare cu forţa cu care corpul acţionează asupra suprafeţei (de sus în jos). Amândouă forţele sunt egale ca valoare cu greutatea corpului.

Instrucţiuni

1. Măsuraţi masa unui corp de lemn şi calculaţi greutatea lui.
2. Măsuraţi forţa de frecare dinamică atunci când acest corp este pe masă (sau pe o scândură de lemn).
3. Alegeţi una din cele două metode descrise în paragraful anterior pentru măsurarea forţei de frecare dinamice. Utilizaţi dinamometrul pentru un experiment rapid dar nu foarte precis, sau tribometrul, dacă aveţi mai mult timp la dispoziţie şi doriţi o precizie mai bună a măsurătorilor.
4. Puneţi un corp pe corpul dat şi calculaţi noua greutate a corpului astfel format.
5. Asiguraţi-vă dacă corpul a fost aşezat cu aceeaşi suprafaţă de contact pe masă.
6. Măsuraţi noua forţă de frecare dinamică.
7. Creşteţi din nou masa şi utilizaţi aceeaşi metodă pentru a măsura forţa de frecare dinamică.
8. Repetaţi acest lucru pentru patru sau cinci mase diferite.

TABEL DE DATE EXPERIMENTALE:

FORŢA DE FRECARE ŞI FORŢA DE APĂSARE NORMALĂ; g =10N/kg

Masa (g)	Reacţiunea normală (N)	Greutatea talerului şi a corpurilor de pe el = Forţa de frecare (N)	Raportul: $\frac{\text{Forţa de frecare}}{\text{Reacţiunea normală}}$
48	0,48		
148			
248			

Trasaţi un grafic pentru a arăta dacă există o relaţie între forţa normală şi forţa de frecare de alunecare (forţa normală ca variabilă independentă se reprezintă pe axa orizontală). Priviţi graficul: există vreo relaţie între variabile? Dacă da, descrieţi-o în cuvinte!

Dacă graficul arată că forţa de frecare de alunecare este proporţională cu forţa normală, atunci forţa de frecare va reprezenta întotdeauna aceeaşi fracţie din forţa normală.

Dacă graficul trece prin origine, puteţi calcula această fracţie. Alegeţi o valoare a forţei de frecare de alunecare (dar pe axa verticală) şi utilizând graficul, aflaţi valoarea corespunzătoare a forţei normale. Împărţiţi valoarea (mai mică) a forţei de frecare prin valoarea (mai mare) a forţei normale corespunzătoare pentru a obţine un număr subunitar.

Acum putem utiliza această fracţie pentru a deduce valoarea forţei de frecare de alunecare pentru orice valoare a forţei normale.

Graficul ar fi diferit dacă corpul de lemn s-ar fi sprijinit pe o suprafaţă mai mică? Fracţia ar fi diferită?

Această fracţie este numită COEFICIENT DE FRECARE LA ALUNECARE. El descrie rugozitatea (asprimea) a două suprafeţe în contact şi ne arată ce parte din forţa normală este necesară pentru a deplasa uniform o suprafaţă peste alta. Coeficientul de frecare nu are unităţi de măsură, este o mărime adimensională (un număr). Valorile sale sunt subunitare, nedepăşind câteva zecimi.

Compararea diferitelor suprafeţe

Dacă aveţi destul timp folosiţi-vă experienţa dobândită pentru a concepe un experiment prin care să se măsoare coeficientul de frecare de alunecare între diferite tipuri de suprafeţe. Coeficientul de frecare va fi diferit dacă schimbaţi natura suprafeţei corpului sau a suprafeţei pe care acesta alunecă. Deci fiecare coeficient de frecare de alunecare măsurat va corespunde unei perechi de suprafeţe aflate în mişcare una faţă de alta.

Pentru fiecare pereche de suprafeţe pe care aţi ales-o este bine să trasaţi un grafic al forţei normale în funcţie de forţa de frecare dinamică. Acest grafic permite calculul coeficientului de frecare cu o precizie mai mare decât cea corespunzătoare unei singure măsurători.

4.7.2. Forţa de frecare: tratare teoretică

Conform principiului inerţiei, un corp îşi menţine constantă viteza dacă asupra lui nu acţionează nici o forţă sau dacă rezultanta tuturor forţelor este nulă.

Să presupunem că aruncăm un corp pe o suprafaţă orizontală. Corpul îşi va micşora treptat viteza şi după un anumit timp se va opri. Dacă asupra sa nu ar acţiona forţe, atunci corpul ar trebui să-şi continue mişcarea cu viteză constantă; faptul că acesta se opreşte ne arată că există o forţă care frânează mişcarea (greutatea şi forţa de reacţiune normală fiind verticale,ele nu pot influenţa mişcarea pe orizontală). Această forţă apare la suprafaţa de contact dintre corpuri şi se numeşte forţă de frecare. Vom distinge

două cazuri şi anume: cazul în care corpurile nu se mişcă unul faţă de altul şi cazul în care un corp alunecă în raport cu celălalt.

Frecarea statică

Să presupunem că împingem un corp, de exemplu un dulap (figura 4.17.). Dacă forţa $\vec{F}$ nu este prea mare, atunci dulapul nu poate fi urnit din loc. Corpul fiind în repaus, trebuie ca rezultanta forţelor ce acţionează asupra sa să fie nulă. Astfel, pe orizontală, trebuie ca forţa de frecare statică (adică frecarea ce corespunde cazului când corpurile nu se mişcă unul faţă de altul) trebuie să echilibreze forţa de tracţiune (împingere):

$$\vec{F}_{fs} = -\vec{F} \begin{cases} \text{acelaşi} & \text{modul } F_{fs}=F \\ \text{aceeaşi} & \text{direcţie} \\ \text{sens} & \text{contrar} \end{cases}$$

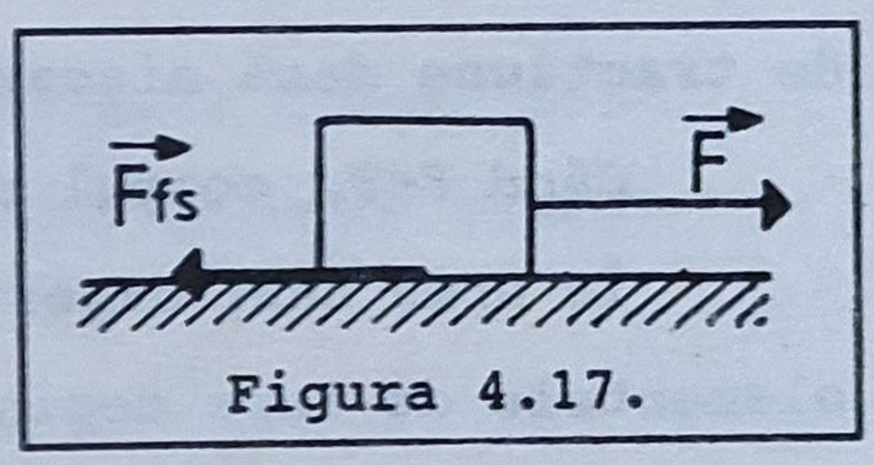


Figura 4.17.

Dacă vom creşte forţa $\vec{F}$, la un moment dat corpul începe să se mişte. În acest moment forţa de frecare statică (care atinge o valoare maximă notată cu $\vec{F}_m$) devine forţă de frecare de alunecare. Deci dacă $F<F_m$ corpul este în repaus, iar dacă $F>F_m$ corpul se pune în mişcare.

Forţa de frecare statică nu are o valoare fixă; ea poate lua orice valoare între 0 şi F_m - adică ia acea valoare care asigură echilibrul corpului (altfel spus, rezultanta tuturor forţelor aplicate corpului - inclusiv forţa de frecare statică - este nulă).

Frecarea de alunecare

Dacă un corp lunecă în raport cu celălalt, atunci forţa de frecare are o valoare constantă şi se numeşte forţă de frecare de alunecare F_{fa}. ***Ea nu depinde de viteza corpurilor.*** Valoarea sa este ceva mai mică decât F_m, dar de multe ori putem considera cele două forţe aproximativ egale. (În exemplul dat, cînd $F=F_m$ dulapul se pune în mişcare, dar constatăm că odată pornit el se mişcă accelerat când păstrăm constantă forţa de tracţiune. Micşorând încet, încet, forţa de tracţiune $\vec{F}$ - după ce a început mişcarea dulapului - acesta va fi tot mai slab accelerat şi la un moment dat viteza nu va mai creşte, deci dulapul se va mişca uniform).

Forţa de frecare la alunecare F_{fa} este egală cu forţa de tracţiune dacă mişcarea corpului este uniformă (v=ct.).

Când $F<F_{fa}$ corpul se opreşte (viteza scade până la 0).

În urma unui experiment simplu putem stabili care sunt elementele de care depinde forţa de frecare de alunecare.

Pe o masă orizontală tragem un corp, putând schimba pe rând fiecare din cele patru feţe laterale pe care se sprijină corpul (figura 4.18.). Cele patru feţe sunt realizate din materiale diferite şi anume: lemn lucios, lemn şlefuit cu glaspapir, aluminiu, şmirghel. Tragem corpul cu forţa necesară mişcării lui uniforme. În acest caz, forţa de tracţiune este egală (ca modul) cu forţa de frecare de alunecare. Se observă că forţa de frecare ia altă valoare când schimbăm feţele corpului. Se poate formula următoarea concluzie:

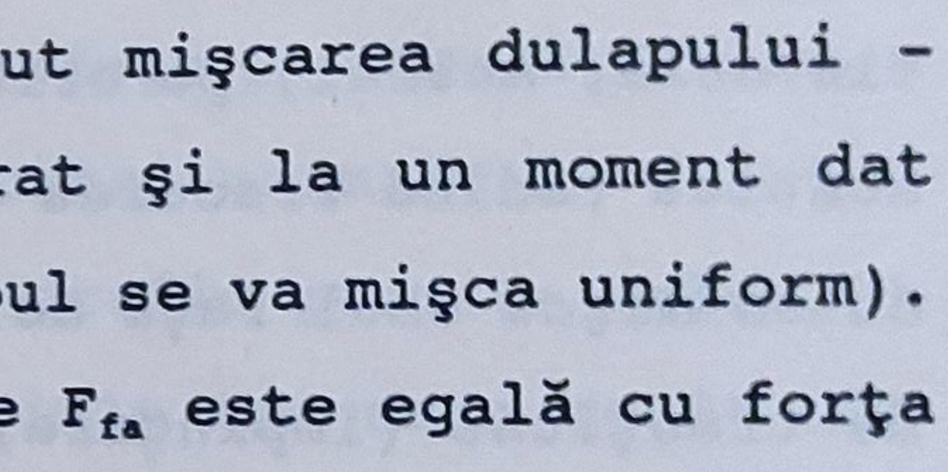


Figura 4.18.

Forţa de frecare de alunecare depinde de natura şi gradul de şlefuire al suprafeţelor aflate în contact.

Dacă adăugăm greutăţi pe corp (figura 4.19), atunci forţa de reacţiune normală creşte. Se constată că, odată cu creşterea acesteia, creşte direct proporţional şi forţa de frecare: $F_f \sim N$.

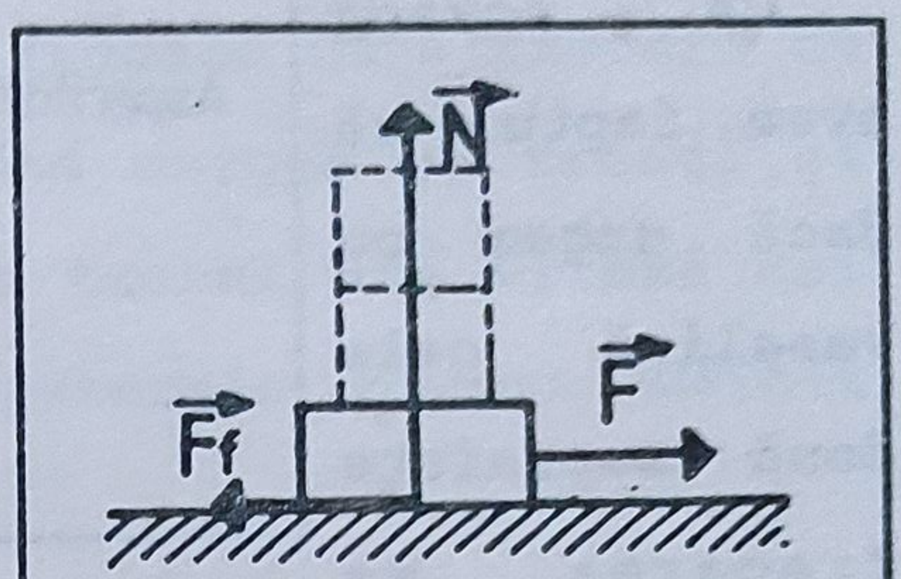


Figura 4.19.

Se scrie: $F_f = \mu N$ unde μ (miu) se numeşte coeficient de frecare la alunecare şi este adimensional.

Forţa de frecare de alunecare este direct proporţională cu forţa de apăsare normală dintre corpuri.

Dependenţa de material a forţei de frecare este indicată de valoarea coeficientului de frecare.

Mărimea ariei suprafeţei de contact nu influenţează mărimea forţei de frecare.

De exemplu pe o masă orizontală putem aşeza o cărămidă pe fiecare din cele trei tipuri de suprafeţe - constatăm că forţa de frecare de alunecare are aceeaşi valoare în fiecare din cele trei cazuri.

Cauza apariţiei forţei de frecare este prezenţa asperităţior pe cele două suprafeţe care vin în contact,

oricât de bine ar fi acestea şlefuite (fig. 4.20.)

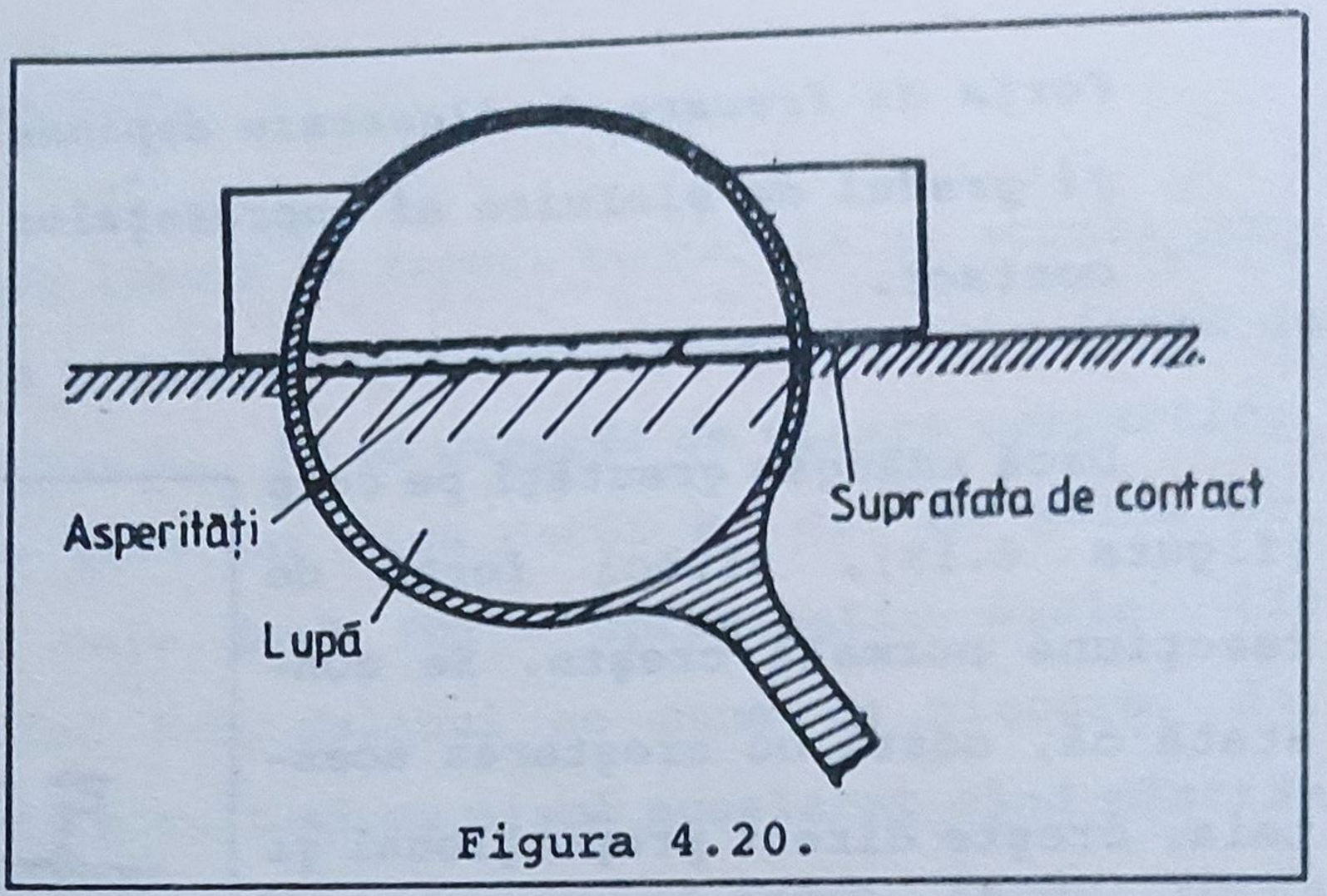


Figura 4.20.

Ca dovadă avem faptul că dacă ungem cu vaselină cele două suprafeţe frecarea se micşorează (pentru că vaselina pătrunde printre asperităţi şi acestea nu mai vin în contact).

Sensul forţei de frecare ce acţionează asupra unui corp este contrar vitezei pe care acesta o are faţă de corpul cu care vine în contact.

Frecarea poate fi utilă (în cazul mersului, al transmiterii mişcării prin curele, al frânării vehiculelor, al deplasării unor pahare pe tavă etc.) dar şi dăunătoare (frecarea pieselor în mişcare la maşini etc.). Micşorarea forţei de frecare se poate face înlocuind frecarea de alunecare prin frecare de rostogolire (rulmenţi) şi prin ungere.

Forţa de rezistenţă la înaintarea într-un fluid

Când un corp se mişcă în raport cu un fluid (lichid sau gaz) asupra sa acţionează o forţă numită forţă de rezistenţă la înaintarea în fluid. Prin faptul că are sens

contrar vitezei corpului în raport cu fluidul ea se aseamănă cu forţa de frecare.

Totuşi, între cele două forţe există o deosebire importantă: forţa de rezistenţă depinde de viteza corpului faţă de fluid, în timp ce forţa de frecare de alunecare nu depinde de viteză. (De exemplu, când mergem cu trenul şi scoatem mâna pe geam afară, cu cât trenul are viteză mai mare, cu atât aerul apasă mai puternic asupra mâinii noastre).

4.7.3. Experimente de cădere a corpurilor în vid (fără rezistenţă) şi în aer (cu forţă de rezistenţă)

În permanenţă vă puteţi îmbunătăţi înţelegerea fizicii dacă imaginaţi un experiment şi vă gândiţi la ce s-ar întâmpla, fără să efectuaţi acest experiment în realitate. În următorul exemplu care se referă la un EXPERIMENT MINTAL, vă veţi gândi la modul în care se desfăşoară căderea corpurilor. Dacă nu sunteţi siguri de cele ce se pot întâmpla, încercaţi un experiment real şi faceţi propriile voastre observaţii.

Corpuri care cad în vid

Experimentul care urmează este făcut într-o cameră fără aer deci, înainte de orice, va trebui să vă imaginaţi că purtaţi un costum spaţial şi că în spate aveţi o butelie cu oxigen. Camera în care vă aflaţi are un covor moale!

Primul experiment

Aveţi trei mere identice, unul lângă altul, pe care le ţineţi deasupra podelei. Le daţi drumul la toate în acelaşi moment. Ce se întâmplă? Unul dintre ele va ajunge la podea mai înainte decât celelalte?

CONCLUZIA este că cele 3 mere cad împreună şi ating podeaua în acelaşi timp, deoarece totul este identic pentru fiecare măr.

Al doilea experiment

Luaţi merele de jos şi, pentru că podeaua nu a fost prea tare, cele 3 mere sunt încă identice. Repetaţi experimentul, dar de data aceasta ţineţi 2 mere în aşa fel încât să se atingă; al treilea măr este aflat cu câţiva centimetri mai încolo, dar toate cele 3 mere se află la aceeaşi distanţă faţă de podea. Le daţi drumul să cadă în acelaşi moment.

Ce se întâmplă? Mărul care a fost singur atinge podeaua înainte ca celelalte 2 mere să o atingă?

CONCLUZIA este la fel ca şi în primul experiment! Merele ating podeaua în acelaşi timp.

Al treilea experiment

Acum lipiţi 2 din cele 3 mere cu puţin clei. Le ţineţi ridicate la aceeaşi înălţime ca şi pe al III-lea. Le daţi drumul să cadă toate trei în acelaşi moment. Ce se întâmplă? Mărul care este singur ajunge pe podea în acelaşi timp cu perechea de mere (cele care au fost lipite)?

CONCLUZIA este că toate cele trei mere ating podeaua în acelaşi timp deoarece picătura de lipici nu produce o diferentă semnificativă de cazul anterior.

Al patrulea experiment

Luaţi mai multe mere şi uniţi-le cu puţin lipici. Le ţineţi la aceeaşi înălţime ca şi mărul care este singur. Le daţi drumul să cadă în acelaşi moment. Ce se întâmplă?

CONCLUZIA este aceeaşi: merele care sunt lipite între ele cad la fel ca şi mărul care este singur.

Concluzie generală

Rezultatul ar fi acelaşi dacă am folosi portocale în loc de mere? Dar dacă am folosi pere sau creioane, oameni sau capsule spaţiale? Formulaţi concluzia sub forma unui postulat!

Postulat

„Mai multe corpuri identice, unite între ele, cad la fel ca unul singur".

Sau:

„Un corp mare cade în acelaşi fel ca şi unul mic".

Alte aspecte asupra cărora să vă gândiţi

Atunci când vă gândiţi la problemele de fizică trebuie să hotărâţi ce este important şi ce nu contează.

Pe măsură ce învăţaţi mai multă fizică, vă dezvoltaţi instinctul pentru aceasta. Uneori şi „bunul simţ" este acela care vă spune dacă ceva nu contează.

De exemplu, încercaţi să precizaţi care dintre următorii factori ar putea fi importanţi în a prevedea dacă un corp va cădea la fel ca un alt corp:

Culoarea corpului contează?

Contează dacă corpul este un fruct, şi ce fel de fruct este?

Contează dacă este sau nu aer în camera în care cade corpul?

Contează dacă podeaua este moale sau tare?

Contează masa corpului?

Contează forma corpului?

Contează mărimea (volumul) corpului?

Aţi putea singuri să proiectaţi câteva experimente care să vă ajute să hotărâţi care dintre aceste lucruri contează.

Astfel, dacă vă gândiţi că de exemplu culoarea poate afecta căderea corpului, aţi putea lăsa să cadă bucăţi de hârtie roşie, verde şi albastră, toate de la aceeaşi înălţime.

Dacă sunteţi interesaţi în a vedea care este diferenţa produsă de culoare, trebuie să fiţi siguri că bucăţile de hârtie au aceeaşi masă, acelaşi volum şi aceeaşi formă. Planificarea unui experiment în care are loc numai schimbarea unei variabile independente, toate celelalte variabile rămânând constante se numeşte CONTROLUL VARIABILELOR . Dacă vreţi să investigaţi cum cad corpurile cu mase diferite trebuie să fiţi siguri că celelalte variabile care ar putea afecta căderea (cum ar fi volumul, forma, culoarea) rămân neschimbate.

Câteva răspunsuri

Dacă se află în vid, TOATE CORPURILE cad în acelaşi fel. Deci corpuri diferite, aflate în vid, când sunt lăsate să cadă în acelaşi moment şi de la aceeaşi înălţime vor atinge podeaua în acelaşi timp.

Acest lucru ar putea să vă surprindă deoarece nu sunteţi obişnuiţi să vedeţi cum cad lucruri care se află în vid.

Corpuri care cad într-un fluid

Dacă laboratorul şcolii are o pompă de vid puteţi urmări într-un cilindru lung de sticlă din care a fost îndepărtat aerul cum cad o monedă şi o pană. Moneda şi pana cad împreună şi ating baza cilindrului în acelaşi timp.

Dacă un corp cade în aer vă puteţi aştepta să dureze mai mult timp până atinge podeaua, deoarece aerul îi încetineşte căderea. De fapt, din cauza REZISTENŢEI AERULUI, toate corpurile cad mai încet în aer decât în vid. Corpurile cad şi mai încet în apă (şi ulei) decât în aer.

Dacă lăsaţi să cadă în aer o monedă şi o pană de pasăre, moneda va atinge prima pământul! Moneda cade aproape în acelaşi fel ca şi atunci când aerul nu opune rezistenţă, spre deosebire de pană care cade mult mai încet.

Să încercăm să ne gândim la două experimente mintale pentru a afla de ce moneda cade mai repede decât pana.

Influenţa masei asupra căderii corpurilor în aer

Imaginaţi-vă că lăsaţi să cadă două cutii de chibrituri identice în acelaşi moment şi de la aceeaşi înălţime. Ele ating podeaua în acelaşi timp. Sunt identice, deci

greutatea şi rezistenţa aerului acţionează asupra fiecărei cutii la fel.

În continuare puneţi o bucată de metal într-una dintre cutii şi lăsaţi-le să cadă din nou de la aceeaşi înălţime. Dacă nu sunteţi siguri la ce să vă aşteptaţi, imaginaţi-vă că lăsaţi să cadă 2 baloane identice, dintre care unul este umplut cu aer iar celălalt cu apă.

CONCLUZIA este că în aer corpurile care au acelaşi volum şi aceeaşi formă nu cad la fel; cu cât sunt MAI MASIVE cu atât cad MAI REPEDE.

Influienţa volumului asupra căderii corpurilor în aer

Luaţi două foi identice de hârtie. Din prima faceţi cocoloş, o minge mai mare, iar din a doua o minge mai mică şi le lăsaţi să cadă din nou. Care dintre ele atinge prima pământul, cea mare sau cea mică? Încercaţi!

CONCLUZIA este că dacă masele sunt egale şi corpurile au aceeaşi formă, atunci corpul care are volumul mai mic cade mai repede.

Concluzie generală

Corpurile cu o masă mai mare şi un volum mai mic cad mai repede prin aer.

Influenţa variabilei formă

1. Luaţi 5 bucăţi de plastilină de aceeaşi mărime (ori măsuraţi 5 mase egale, ori faceţi 5 forme identice).
2. Daţi fiecărei bucăţi o formă diferită. Încercaţi să ghiciţi care dintre ele va cădea cel mai repede.

Întocmiţi diagrame pentru formele pe care le-aţi făcut.

3. Lăsaţi formele să cadă, una câte una, într-un vas mare şi transparent cu apă. Măsuraţi timpul necesar fiecăreia dintre ele pentru a ajunge de la suprafaţă la bază. Notaţi aceşti timpi pentru fiecare bucată într-un tabel cu date experimentale.

4. Dacă aveţi timp puteţi face măsurători mai precise repetând experimentul şi făcând media timpilor pentru fiecare formă.

5. Întrebuinţaţi rezultatele pe care le-aţi obţinut şi ceea ce ştiţi despre formele aerodinamice pentru a desena o formă care să cadă cât mai repede posibil, şi o alta care să cadă cât mai încet posibil. Desenaţi aceste forme şi notaţi timpul necesar fiecăreia pentru a atinge baza vasului.

6. Comparaţi cea mai rapidă formă pe care aţi făcut-o cu cea mai rapidă formă făcută de unul dintre colegii voştri. Nu uitaţi să controlaţi variabilele atunci când comparaţi forma voastră cu forma altcuiva; în afara formei, totul trebuie să fie la fel.

7. Alcătuiţi forme care să cadă mai încet şi mai repede în aer şi organizaţi competiţii cu alţi colegi. Veţi începe toţi cu bucăţi identice de hârtie şi nu aveţi voie să rupeţi hârtia sau să-i adaugaţi ceva. Aveţi voie doar să-i schimbaţi forma. Lăsaţi formele să cadă în aceelaşi moment şi de la aceeaşi înălţime şi rugaţi un arbitru să observe ce formă atinge prima podeaua şi ce formă atinge podeaua ultima.

Care este avantajul organizării unei competiţii în

afara laboratorului; de exemplu lăsând formele de hârtie să cadă de pe partea superioară a unei scări sau de pe fereastră? Există dezavantaje?

Concluzii

Puteţi descrie tipul de forme care cad încet printr-un lichid? Dar tipul de forme care cad repede? Încercaţi să vă gândiţi la obiecte făcute de mâna omului şi la corpuri existente în natură unde aceste forme îşi găsesc aplicaţie.

4.8. FORŢA ELASTICĂ

4.8.1. De ce dinamometrele utilizează resorturi şi nu benzi elastice, care sunt mai ieftine?

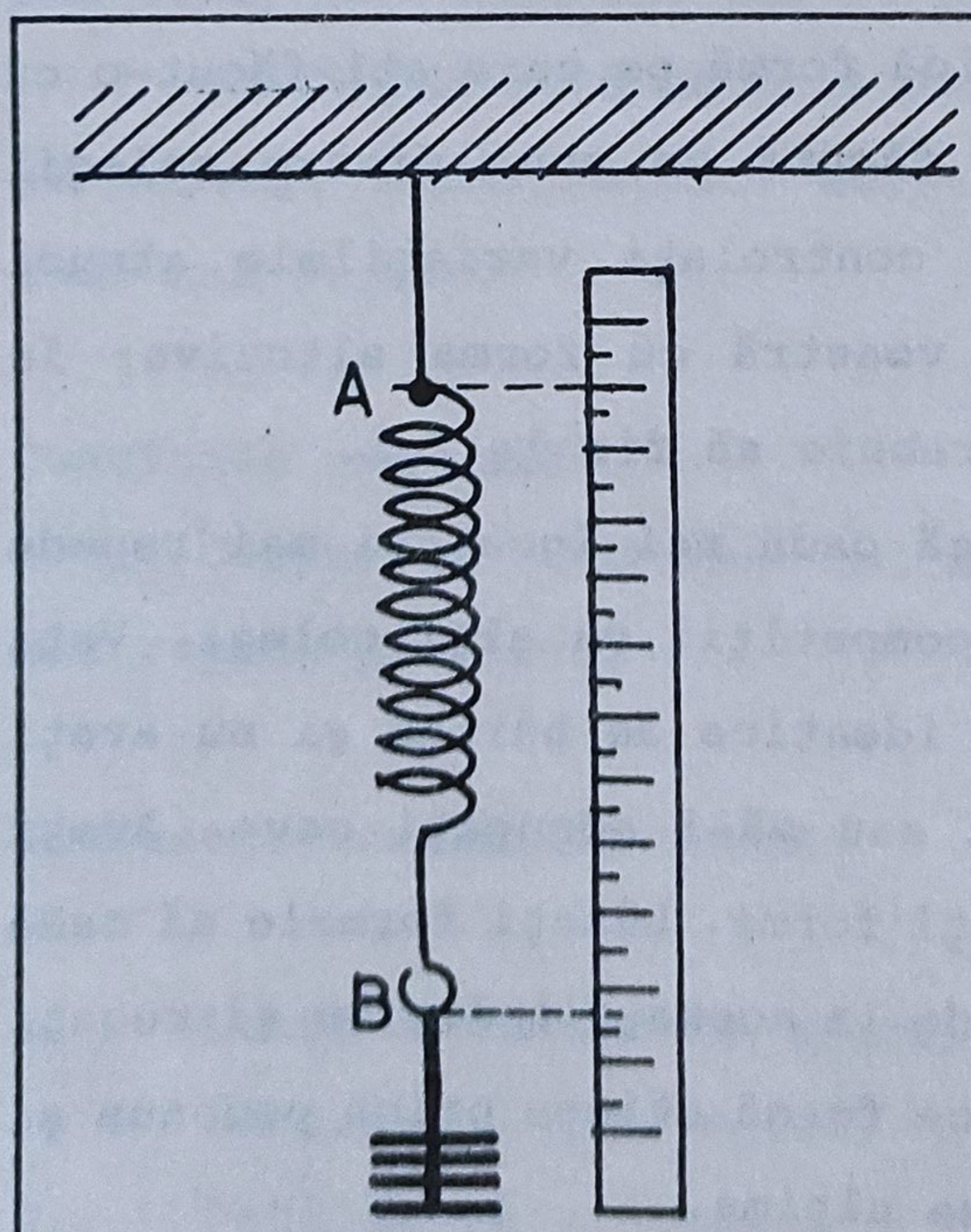


Figura 4.21.

Pentru a răspunde la această întrebare trebuie să efectuaţi câteva măsurători cu mare precizie. Reamintiţi-vă că trebuie să micşoraţi cât mai mult posibil erorile experimentale, efectuând o citire corectă (pentru a nu avea eroare de paralaxă).

O mulţime de experimente cercetează modul cum variază o mărime atunci când altă mărime

se modifică. Mărimile care pot fi schimbate (variate) se numesc VARIABILE. În acest experiment variabilele vor fi forţa care trage de un resort şi lungimea resortului. Întrebarea care se pune este: „Ce se întâmplă când forţa care trage de resort creşte uniform - de ex.: 0,1N; 0,2N; 0,3N; 0,4N; etc.”? (figura 4.21.) Lungimea resortului va creşte uniform (liniar) sau va fi o creştere neuniformă a lungimii (cum am văzut că se întâmplă la o bandă elastică atunci când etalonăm scala acesteia)?

Poate sunteţi capabili să ghiciţi imediat răspunsul, dar nu este un mod mai bun de a învăţa dintr-un experiment decât efectuându-l.

Alcătuiţi un tabel de rezultate după modelul de mai jos:

TABEL DE DATE EXPERIMENTALE

DEPENDENŢA LUNGIMII UNUI RESORT DE FORŢA APLICATĂ

FORŢA (X 0,1N)	LUNGIMEA RESORTULUI (mm)		
	LA ALUNGIRE	LA REVENIRE	MEDIE
0			
1			
2			

Există factori mai importanţi care pot da erori, deci puteţi lua g=10N/kg (cu eroare de 2%). Astfel considerăm că la fiecare adăugare a unei mase cu valoarea de 10g, forţa

creşte cu 0,1N. De fiecare dată când adăugaţi un corp cu masa de 10g măsuraţi noua lungime a resortului şi notaţi-o în tabel în coloana I. După ce aţi adăugat 10 corpuri (sau alt număr de corpuri) puteţi să vă opriţi. Începeţi acum să luaţi corpurile unul câte unul şi de fiecare dată măsuraţi lungimea resortului, notând-o în tabel în coloana următoare, până când aţi luat toate corpurile de pe resort. Dacă lungimile din cele două coloane sunt diferite, calculaţi valoarea lor medie. Uitându-vă acum la datele din tabel, vă puteţi da seama dacă lungimea creşte liniar (uniform). Pentru a urmări cum variază o mărime, este bine să trasăm un grafic. În acest scop reprezentaţi pe axa orizontală variabila pe care aţi schimbat-o voi (VARIABILA INDEPENDENTĂ) şi pe axa verticală variabila care s-a modificat datorită schimbării celeilalte variabile (VARIABILA DEPENDENTĂ). Puneţi punctele şi apoi priviţi-le. Desigur, există şi ERORI EXPERIMENTALE care fac ca punctele voastre să nu fie chiar în locul unde ar trebui să fie. Presupunând însă că nu există erori, punctele voastre se aşează pe o linie dreaptă sau pe o linie curbă? Trasaţi o linie dreaptă sau curbă printre puncte astfel încât de o parte şi de alta a ei să rămână un număr egal de puncte. Priviţi din nou graficul înainte de a răspunde la întrebarea: „Cum variază lungimea resortului când creşte forţa care acţionează asupra lui?"

Dacă graficul este o curbă lină, singura concluzie pe care o puteţi trage este că lungimea creşte atunci când forţa care acţionează asupra resortului creşte (cu alte cuvinte, lungimea creşte cu forţa). Dacă graficul este o linie dreaptă (figura 4.22.), puteţi exprima acest lucru prin mai multe formulări echivalente:

„Lungimea creşte liniar cu forţa" sau

„Există o relaţie liniară între lungime şi forţă" sau

„Lungimea creşte uniform cu forţa".

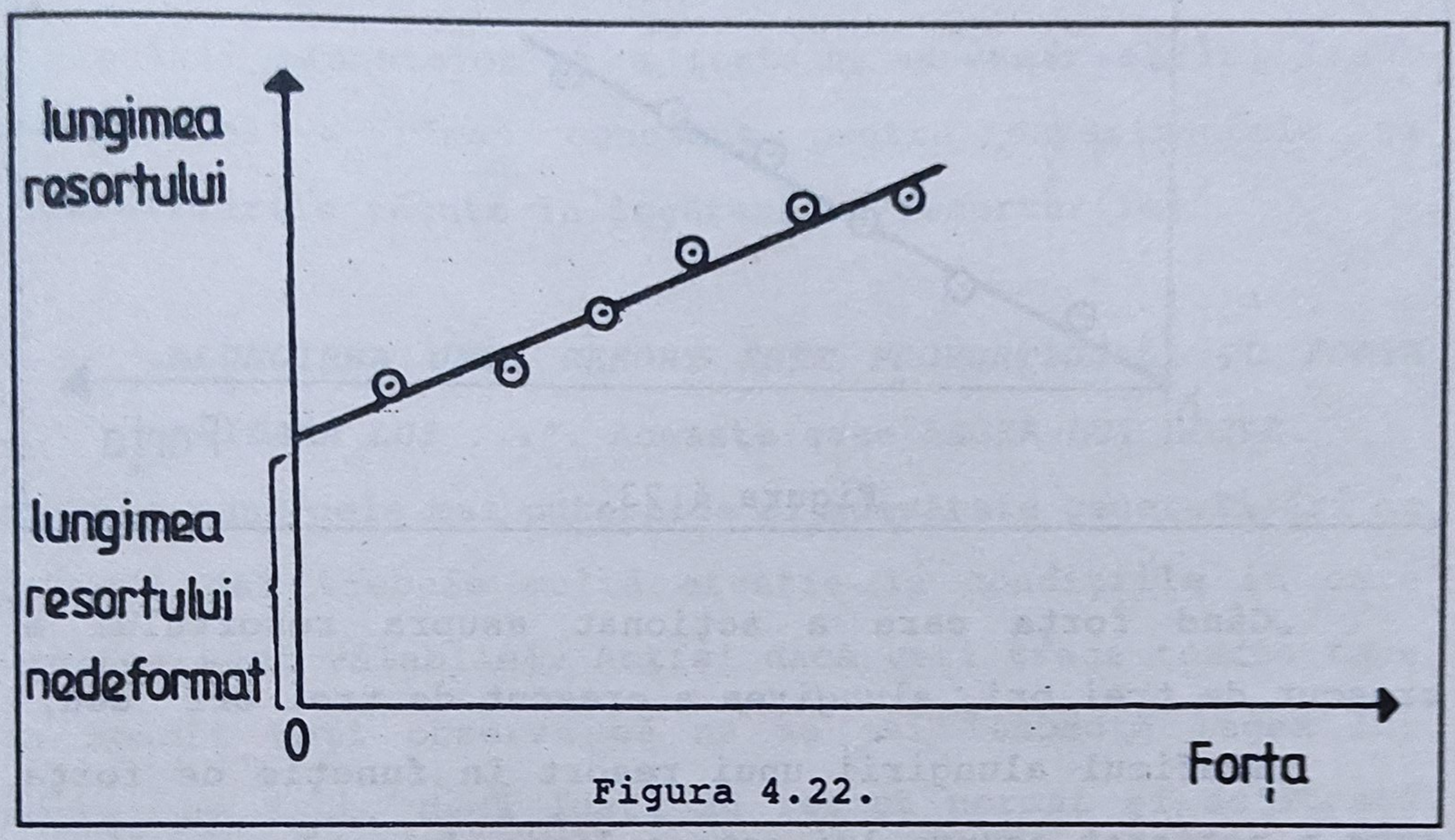


Figura 4.22.

Nu puteţi spune că lungimea a fost zero când forţa a fost zero! Dacă scădem din toate lungimile măsurate lungimea iniţială a resortului (când nu este nici un corp atârnat de el) obţinem ALUNGIRILE resortului.

Graficul alungirii (notată cu Δl) unui resort în funcţie de forţă trebuie să fie o linie dreaptă ce trece prin origine (fig. 4.23.). Dacă forţa care acţionează asupra resortului este zero, atunci şi alungirea resortului este zero. Acum putem spune:

„Când forţa care a acţionat asupra resortului s-a dublat, alungirea resortului s-a dublat şi ea" sau,

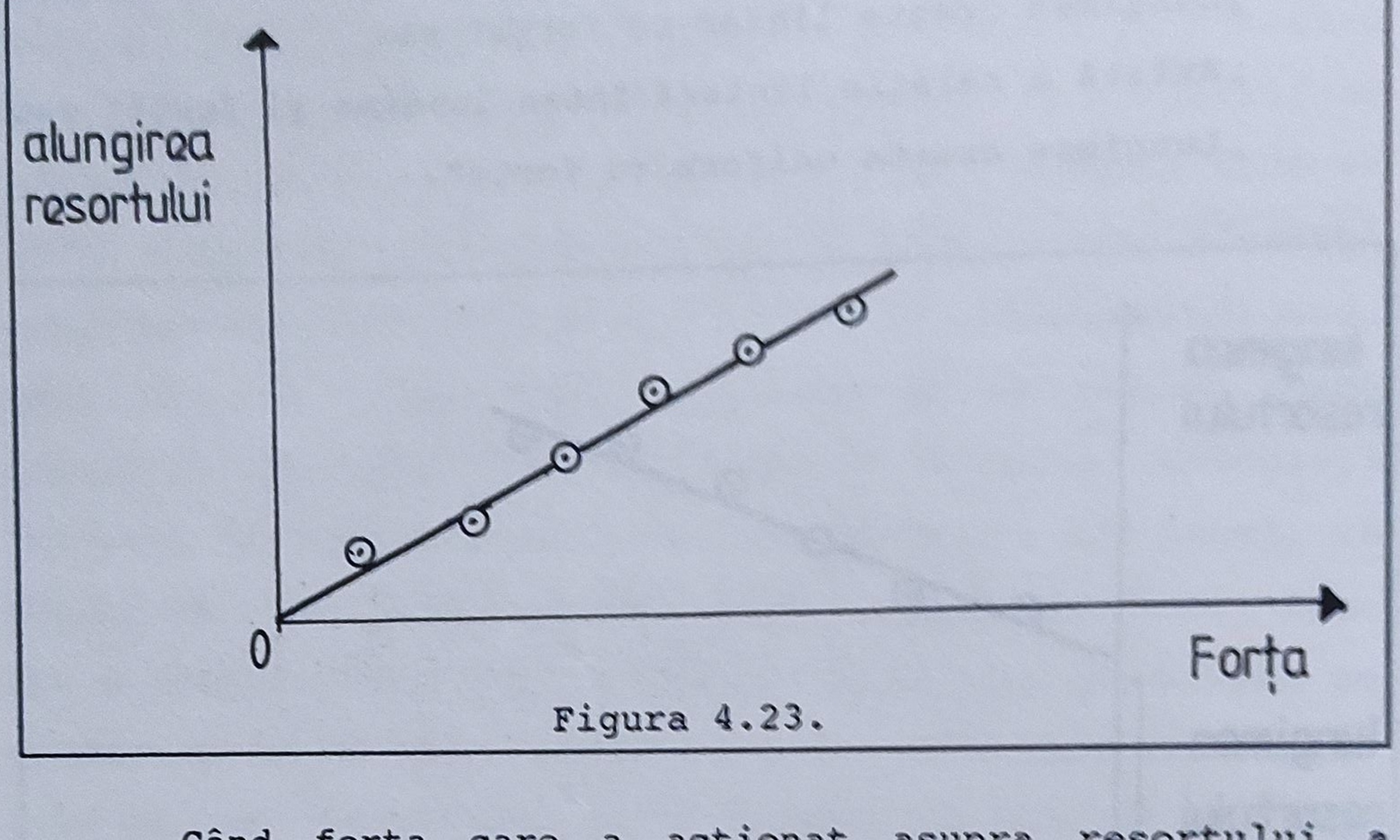


Figura 4.23.

„Când forţa care a acţionat asupra resortului a crescut de trei ori, alungirea a crescut de trei ori" sau,

„Graficul alungirii unui resort în funcţie de forţa care a acţionat asupra lui este o linie dreaptă care trece prin origine" sau,

„Alungirea unui resort a fost proporţională cu forţa care a acţionat asupra lui".

Toate acestea sunt moduri diferite de a spune acelaşi lucru. Cea mai utilizată formulare este ultima.

Oare concluzia se poate generaliza? Ce puteţi spune despre resortul de la masa alăturată vouă din laborator? Dar despre resortul (arcul) din partea stângă a unei maşini? Dar despre resortul de la un ceas? Dar despre resortul dintr-un dinamometru?

În jurul anului 1660, un englez numit Robert Hooke, în vârstă de 25 ani, a efectuat un experiment similar. El a ajuns la concluzia la care aţi ajuns şi voi; înainte de a

generaliza concluzia, a verificat această idee efectuând experimente cu foarte multe resorturi.

Chiar dacă el a fost inventatorul unui tip de telescop şi a unui tip de barometru, chiar dacă a formulat o teorie a mişcării planetelor şi a fost un adversar al lui Isaac Newton, el a rămas cunoscut pentru experimentele şi generalizările făcute în legătură cu resorturile.

„ALUNGIREA UNUI RESORT ESTE PROPORŢIONALĂ CU FORŢA APLICATĂ LUI ...”. Aceasta este LEGEA LUI HOOKE. (Legile sunt cele mai puternice şi adevărate generalizări în ştiinţă dar trebuie multă atenţie la condiţiile în care acestea sunt valabile). Astfel dacă veţi trage foarte tare de resort veţi observa că nu se mai respectă legea lui Hooke. De fapt, dacă luaţi un resort normal şi acţionaţi asupra lui cu o forţă mare veţi observa că alungirea va fi mult mai mare decât ar fi prevăzut legea lui Hooke, iar când nu mai acţionaţi cu acea forţă asupra resortului, el nu mai revine la lungimea iniţială.

Legea lui Hooke nu se mai respectă în momentul când resortul depăşeşte o anumită alungire numită limită elastică. Am putea deci adăuga la formularea de mai sus ***„...DACĂ RESORTUL NU DEPĂŞEŞTE LIMITA ELASTICĂ”***.

4.8.2. Alungirea unui resort

Instrucţiuni

1. Bobinaţi un fir de cupru (cu lungimea de cca. 30cm) în jurul unui creion, pentru a face din el un resort.

2. Lăsaţi o rezervă de fir la fiecare capăt al resortului, astfel încât să puteţi fixa un capăt de un suport. La celălalt capăt faceţi o buclă pentru agăţarea maselor. Fără a strica resortul, faceţi un nod deasupra buclei. Acest lucru vă va ajuta în efectuarea măsurătorilor. Nodul va juca rolul unui reper care se va deplasa de-a lungul scalei unei rigle fixe (figura 4.24.).

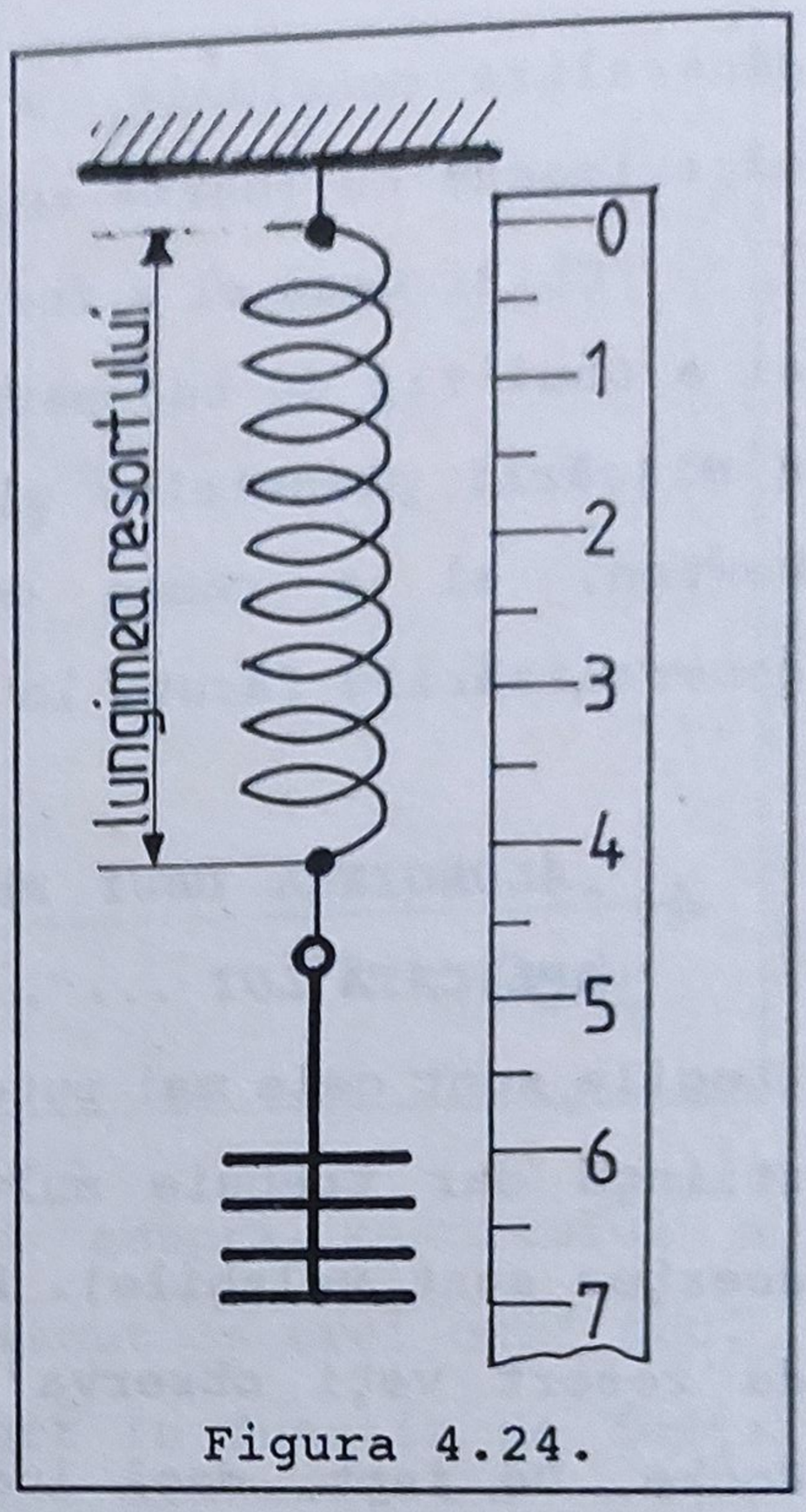


Figura 4.24.

3. Puneţi o bucată de plastilină pe masă, sub resort, şi folosiţi-o pentru a fixa vertical o riglă lângă resort. Diviziunea 0 de la un capăt al riglei se poate sprijini pe suport. Ţineţi resortul cu atenţie astfel încât să atârne vertical. Citiţi pe riglă indicaţia de lângă nodul făcut pe resort. Să notăm această valoare cu X_0.
4. Adăugaţi o masă de 10g şi citiţi din nou indicaţia de pe scala riglei unde se află reperul.
5. Adăugaţi din nou o masă de 10g şi scrieţi noua poziţie a nodului (reperului). Continuaţi să adăugaţi mase de 10g până cînd resortul îşi pierde forma şi începe să arate ca o bucată întinsă de fir.
6. Notaţi rezultatele în tabel:

TABEL DE DATE EXPERIMENTALE:

DEPENDENŢA ALUNGIRII UNUI RESORT DE FORŢA APLICATĂ

F	X Lungime (cm)	$X = X - X_o$ Alungirea (cm)
0	x_o	
0,1		
0,2		
0,3		
0,4		
...		

7. Calculaţi alungirea pentru fiecare forţă şi notaţi-o în tabel. (Alungirea este diferenţa dintre lungimea resortului întins şi lungimea iniţială).
8. Reprezentaţi un grafic care să arate că alungirea se modifică atunci cînd creşte forţa care acţionează asupra resortului. Amintiţi-vă convenţia conform căreia variabila independentă trebuie să fie pe axa orizontală şi variabila dependentă pe axa vericală.

Concluzii - Ce aţi aflat din acest experiment?

Care este forma graficului în apropierea originii (pentru forţe mici)?

Observând că atunci când forţa era zero, alungirea a fost şi ea zero, ce puteţi spune despre relaţia dintre alungire şi forţă (cînd forţa este mică)?

4.8.3. Constanta de elasticitate a resortului

Utilizaţi prima parte a graficului pentru a evalua cu cât a crescut forţa care acţionează asupra resortului atunci când lungimea acestuia a crescut cu 1cm.

Aceasta este numită CONSTANTA ELASTICĂ a resortului şi arată „cât de dificil este să întinzi un resort". Ea se notează cu litera k. Se poate utiliza ca unitate de măsură pentru forţă newtonul, pentru lungime centimetrul şi, deci, pentru constanta de elasticitate N/cm (dacă am alege N/m-unitatea din S.I.-atunci valoarea numerică a constantei elastice ar fi foarte mare).

$$\text{Constanta elastică (k)} = \frac{\text{creşterea forţei}}{\text{creşterea lungimii}}$$

Relaţia forţă - alungire când forţa ia valori mari

Ce se întâmplă cu forma graficului când forţa devine mult mai mare?

Constanta de elasticitate a resortului este într-adevăr o constantă numai atunci când graficul este o linie dreaptă (care trece prin origine).

Când forţa deformatoare este mare, constanta de elasticitate creşte sau scade?

Înţelegeţi acum de ce, la sfârşitul enunţului legii lui Hooke, s-a făcut precizarea că aceasta este valabilă numai dacă resortul nu depăşeşte limita elastică.

4.8.4. Constanta elastică pentru resorturi legate în serie

Dacă tăiem la mijloc un resort, care credeţi că va fi constanta elastică a fiecărei jumătăţi?

În experimentul următor veţi investiga, în general, modul cum este influenţată constanta elastică a unui resort de numărul lui de spire. Înainte de a efectua experimentul încercaţi să anticipaţi ceea ce se va întâmpla, formulând o ipoteză. Prin experiment veţi putea să testaţi dacă ipoteza este adevărată.

Enunţarea unei ipoteze

Imaginaţi-vă că aveţi două resorturi identice. Încercaţi să vă imaginaţi că trageţi de unul dintre ele. Apoi uniţi resorţurile pentru a face un resort mai lung care are de două ori mai multe spire. Se spune că cele două resorturi au fost legate în serie. Dacă trageţi de acest nou resort cu aceeaşi forţă, alungirea va fi aceeaşi? Noul resort are constanta elastică mai mare decât a resorturilor date? Enunţaţi o ipoteză privitoare la relaţia dintre constanta elastică şi numărul de spire.

Controlul variabilelor

Sunt mai multe mărimi care deosebesc două resorturi. Puteţi enumera unele dintre aceste variabile?

Ne propunem să investigăm relaţia dintre numărul de spire şi constanta elastică. Dacă oricare altă variabilă se modifică în timpul experimentului, nu putem şti când

constanta elastică s-a modificat din cauza numărului de spire şi când din cauza acestei variabile. Deci, în experimente ca acesta, vom putea trage concluzii corecte doar dacă toate variabilele se menţin constante, cu excepţia celor două a căror dependenţă dorim să o studiem. Cu alte cuvinte trebuie să realizăm CONTROLUL VARIABILELOR.

4.8.5. Constanta de elasticitate a unor resorturi legate în paralel

Două resorturi de aceeaşi lungime sunt legate în paralel când ele sunt alăturate unindu-li-se capetele. Dacă cele două resorturi sunt identice şi întregul sistem este simetric, arunci forţa aplicată va acţiona în mod egal asupra fiecărui resort.

Puteţi formula o ipoteză despre constanta elastică a resortului format prin această combinaţie de resorturi, comparativ cu constanta de elasticitate a unui singur resort?

Imaginaţi un experiment pentru a verifica această ipoteză. Un experiment cu o pereche de resorturi va fi un bun test pentru verificarea ipotezei voastre. Un experiment cu trei sau patru perechi diferite de resorturi identice va fi un test şi mai bun.

Rezultatele experimentului susţin ipoteza pe care aţi enunţat-o? (Dacă vă descurcaţi mai greu, atunci urmăriţi întâi instrucţiunile de mai jos.)

Aplicaţii

Imaginaţi o combinaţie de resorturi care să fie folosită pentru măsurarea forţelor mari (între 5 şi 10N).

Cum aţi imagina construirea unui dinamometru pentru măsurarea forţelor mai mari, până la 100N?

Instrucţiuni

1. Construiţi diferite resorturi utilizând aceeaşi sârmă şi acelaşi creion. Singura diferenţă între resorturi va trebui să fie numărul de spire. Construiţi resorturi cu 5, 10, 15, 20 şi 25 spire.
2. Pentru fiecare resort construit repetaţi ceea ce aţi făcut la ultimul experiment şi notaţi rezultatul măsurătorilor pentru forţă şi alungire (efectuaţi măsurătorile doar pentru forţe mici).
3. Notaţi rezultatele în tabel (pentru fiecare resort), reprezentaţi graficul şi calculaţi CONSTANTA DE ELASTICITATE.
4. Alcătuiţi un nou tabel cu rezultate pentru a determina constanta de elasticitate a fiecărui resort.
5. Acum reprezentaţi un grafic al constantei de elasticitate în funcţie de numărul de spire.

Concluzii

Dacă la început aţi enunţat o ipoteză, trebuie să vă uitaţi la graficul vostru pentru a vedea dacă rezultatele experimentului susţin această ipoteză.

Există o relaţie între constanta de elasticitate şi numărul de spire?

Aplicaţii

1. Utilizaţi graficul vostru pentru a afla câte spire

trebuie să aibă un resort cu constanta de elasticitate 1N/cm. Dar unul cu 0,2N/cm?

2. Cum aţi putea întrebuinţa unul din aceste arcuri, împreună cu o riglă, pentru a-l folosi (etalona) ca dinamometru cu scală liniară?
3. De ce scala va fi liniară?
4. Puteţi utiliza rezultatele obţinute în experimentele anterioare pentru a estima forţa maximă pe care acest dinamometru ar putea să o măsoare? [întrebare dificilă]
5. Cum putem lega două resorturi pentru a realiza un dinamometru care permite creşterea:
   - sensibilităţii?
   - valorii forţei maxime ce poate fi măsurată?

4.8.6. Câteva precizări privind forţa elastică

Am văzut că raportul $F/\Delta l$, care este caracteristic fiecărui resort deformat, se numeşte constanta elastică a resortului. În Sistemul Internaţional ea se măsoară în newtoni pe metru $[k]_{SI}=N/m$. Legea deformărilor elastice (Hooke) se poate scrie:

$$F = k \cdot \Delta l$$

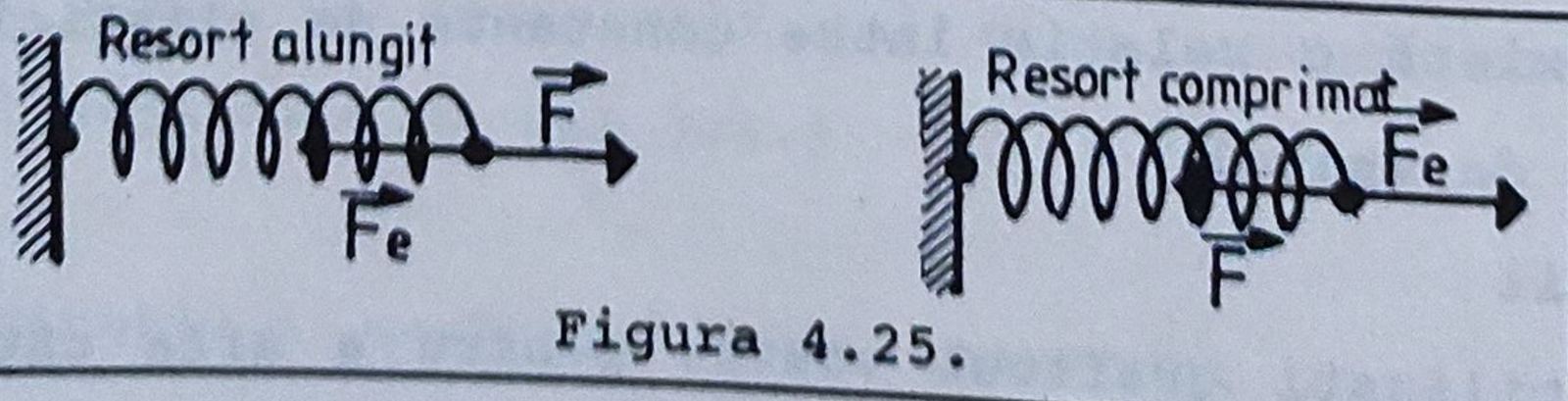


Figura 4.25.

Când un corp elastic (resort, figura 4.25.) este deformat, ia naştere o forţă internă care are tendinţa să-l aducă înapoi la forma iniţială.

Această forţă din resort, numită forţă elastică, îşi face echilibrul cu forţa deformatoare (ca modul $F_e=F$, cele două forţe având sens contrar). Observăm că forţa elastică din resort, are aceeaşi direcţie, acelaşi sens şi acelaşi modul cu reacţiunea la forţa deformatoare. De aceea această din urmă forţă (cu care resortul acţionează asupra corpului care-l întinde) se numeşte forţă elastică din partea resortului.

Forţa elastică este o forţă ce ia naştere într-un corp deformat având tendinţa de a readuce corpul la forma iniţială; ea are sens contrar deformării corpului, fiind proporţională cu aceasta:

$$F_e = k \cdot \Delta l$$

4.8.7. O proprietate deosebită a meselor

De ce un corp care atârnă de un arc (resort) stă pe loc?

Mai întâi să vedem de ce cade un corp atunci când îl lăsăm din mână.

RĂSPUNS: Pentru că există o forţă de atracţie a Pământului care acţionează asupra corpului, numită greutatea corpului.

De ce corpul NU cade atunci când este atârnat de un arc (resort)? Şi în acest caz există o forţă de greutate, care acţionează asupra corpului, dar mai există şi o altă forţă, în sus, datorată arcului (resortului).

De ce corpul nu se mişcă? Pentru că forţa care acţionează în sus, provenind de la arc are aceeaşi MĂRIME ca şi greutatea, şi cele două forţe dau o REZULTANTĂ NULĂ.

Deci un corp care atârnă de un arc este un exemplu de corp în repaus deoarece două forţe egale şi opuse se comportă ca şi cum nu există nici o forţă.

Ce credeţi despre următoarea ipoteză şi explicaţie?

IPOTEZĂ: Ori de câte ori plasaţi un corp pe o masă orizontală, el va fi în repaus.

EXPLICAŢIE: Acest lucru este datorat faptului că toate mesele conţin, exact sub suprafaţa lor, un remarcabil dispozitiv computerizat care este invizibil ochiului uman. Exact în momentul în care puneţi un televizor sau un alt corp pe masă, el calculează greutatea şi aplică o forţă care are exact aceeaşi mărime, dar în sus. Calculatorul din fiecare masă trebuie să fie corect în calculele sale, deoarece dacă aplică o forţă care este doar puţin mai mică, obiectul va cădea prin masă! Iar dacă va aplica o forţă care este puţin mai mare, el va împinge obiectul în sus şi acesta va începe să zboare prin aer! Niciodată nu am văzut aşa ceva, deci calculatoarele din mese sunt foarte bune!

Sunteţi de acord cu această ipoteză? Sunteţi de acord cu explicaţia? Credeţi că este ceva greşit? Puteţi găsi o explicaţie mai bună de ce un corp se află în repaus atunci când îl puneţi pe o masă? (Ce s-ar întâmpla dacă aţi pune un televizor pe o bucată enormă de burete?)

Rolul jucat de forţele elastice

O forţă exercitată de un corp, din cauza DEFORMĂRII sale, se numeşte forţă ELASTICĂ. De exemplu, tragerea în sus, de către un resort, a unui corp care atârnă de el, este datorată forţei elastice. Deasemeni, orice corp în repaus pe o masă (sau podea) este în ECHILIBRU din cauza unei deformări foarte mici a mesei (sau podelei) şi a forţei elastice care acţionează asupra acelui corp. Când un muzician acţionează asupra unei mici părţi dintr-o coardă, această parte începe să se mişte deoarece există forţe elastice de la celelalte părţi ale aceleiaşi coarde.

Întindere şi comprimare

Când un corp este în repaus asupra lui acţionează forţe a căror rezultantă este nulă. În cazurile cele mai simple există două forţe. Dacă aceste două forţe acţionează asupra unor părţi diferite ale corpului, acesta este ori turtit ori întins deoarece forţele acţionează în direcţii opuse. Deci, ne putem uita la orice corp în echilibru şi observa dacă este ÎNTINS sau COMPRIMAT (turtit).

STATICA este o parte a mecanicii care se ocupă cu condiţiile în care corpurile sunt în repaus. În general corpurile statice din jurul nostru, la fel ca şi părţi din ele, sunt ori în întindere ori în comprimare (de exemplu poduri, clădiri etc.).

Exemplu de corp comprimat:

O bucată mică de plumb este fixată la capătul superior al unui pai lung de 10 cm. Pentru a-l menţine vertical ne putem imagina o bucată de plastilină pusă în jurul capătului

de jos al paiului, acolo unde face contact cu masa (figura 4.26.). Să ne ocupăm de pai: este în echilibru, deci este ori întins ori comprimat. O forţă egală cu greutatea plumbului acţionează în jos asupra capătului superior al paiului. Aceasta este o forţă care striveşte, deci paiul este comprimat. Centimetrul din capătul de sus este comprimat, cm următor este comprimat... şi cm de la capă-

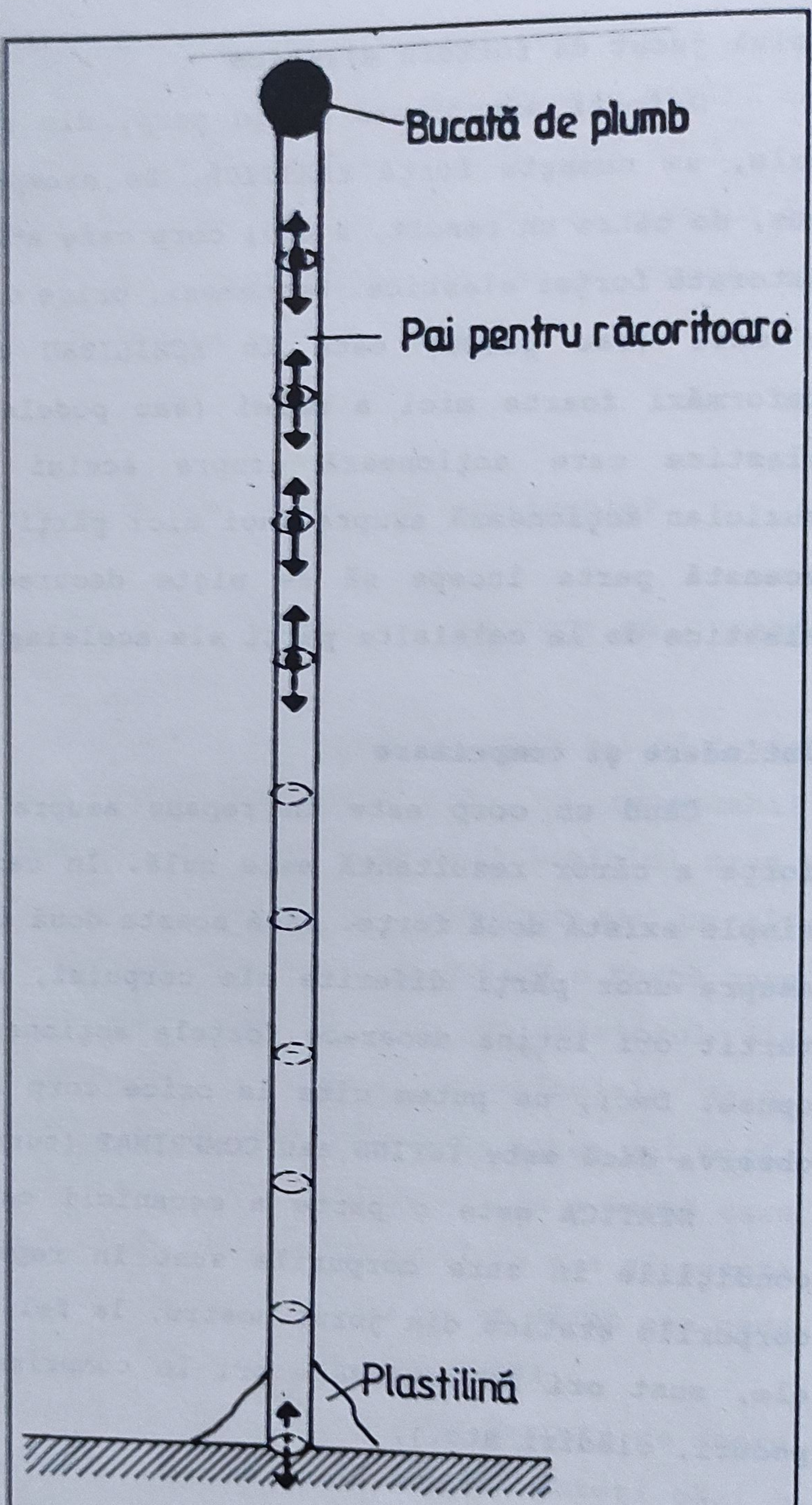


Figura 4.26.

tul de jos, de la bază, este comprimat. Fiecare cm este

împins în jos de către cel de sus, şi împins în sus de către cel de dedesubt. Deasemenea, fiecare cm din pai împinge în jos ce este dedesubt şi în sus ce este deasupra. Centimetrul de la baza paiului împinge în sus cm de pai de deasupra şi în jos asupra mesei de dedesubt. Forţa cu care paiul acţionează asupra mesei, la fel ca toate celelalte forţe, are o mărime egală cu greutatea bucăţii de plumb.

Exemplu de corp întins

O bucată mică de plumb atârnă de capătul unui fir de aţă lung de 10 cm. Capătul de sus al firului este legat de mânerul unei uşi. În mod evident firul este în echilibru. O forţă egală cu greutatea plumbului acţionează în jos, la capătul inferior al aţei. Aceasta este o forţă de întindere: aţa este întinsă. Fiecare cm (sau mm) al aţei este trasă la fiecare capăt. Fiecare bucăţică de aţă trage aţa de deasupra şi de dedesubtul ei. Toate aceste forţe au aceeaşi mărime. Primul cm de fir trage în jos asupra mânerului uşii şi mânerul trage de primul cm al aţei cu o forţă egală cu greutatea plumbului.

Tensiune. Întinderea sau comprimarea există în fiecare părticică a unui fir de aţă, (sau pai sau apartament de bloc, sau o persoană care stă în picioare, sau...). Se spune că în corpurile deformate există o tensiune. TENSIUNEA dintr-un corp reprezintă o noţiune mai generală decât forţa: este un număr infinit de perechi de forţe care acţionează asupra unui număr infinit de bucăţi mici care alcătuiesc acel corp.

Oricare din aceste forţe, ca şi forţa exercitată asupra altui corp în punctul de contact, se numeşte FORŢĂ DE TENSIUNE ÎN FIR sau FORŢĂ DE TENSIUNE DATORATĂ FIRULUI (paiului, barei ...)

Problemă: Firul de aţă şi paiul de mai sus au avut o greutate neglijabilă; astfel, greutatea sa fiind foarte mică în comparaţie cu celelalte forţe, putem considera că este zero. Toate forţele din firul de aţă au avut aceeaşi mărime, şi tensiunea a fost aceeaşi în fiecare parte a firului. Ce puteţi spune despre tensiunile ce apar în zidurile unei clădiri? Mărimile forţelor de comprimare de la bază sunt la fel cu mărimile forţelor de comprimare de lângă acoperiş? De ce clădirile vechi au zidurile de la bază mai groase?

Răspuns: Să considerăm un teanc de 9 cărămizi pe o suprafaţă foarte rezistentă. În mod evident, întregul teanc şi fiecare cărămidă în parte sunt în echilibru. În afară de cărămida din vârf, toate cărămizile au o forţă în jos care acţionează pe suprafaţa lor superioară, provenind de la cărămizile de deasupra. Teancul, şi fiecare cărămidă din el, este în compresie. Cărămida din mijloc are greutatea a 4 cărămizi care împing asupra ei. La rândul său împinge cărămida care se află deasupra ei cu o forţă egală cu greutatea a 4 cărămizi. Ea împinge şi cărămida de dedesubt cu o forţă egală cu greutatea a 5 cărămizi, şi în schimb este împinsă în sus cu o forţă egală cu greutatea a 5 cărămizi. Diferenţa dintre forţele de strivire de la marginile superioară şi inferioară ale cărămizii din mijloc este egală cu greutatea cărămizii. Pentru cărămizile care sunt spre baza teancului,

forţa de compresie devine din ce în ce mai mare. La baza teancului forţele de comprimare sunt egale cu greutatea întregului teanc. Exact la capătul superior nu există compresie. Concluzia are caracter general: ori de câte ori un obiect este plasat pe o suprafaţă, el se află sub o compresie neuniformă datorită greutăţii materialului din care este făcut. Din acest motiv zidurile vechilor clădiri sunt mai groase la bază.

5. PRINCIPIILE MECANICII NEWTONIENE

Mecanica clasică a fost elaborată în cea mai mare parte a ei de Isaac Newton în anul 1687 şi de aceea se mai numeşte şi MECANICĂ NEWTONIANĂ. Ea se bazează pe trei legi foarte generale, numite principii. Ulterior, acestea au fost completate cu încă două principii, astfel încât toate legile mecanicii clasice se deduc din aceste principii. Vom prezenta, pe scurt, primele trei principii.

5.1. PRINCIPIUL INERŢIEI (PRIMUL PRINCIPIU AL MECANICII NEWTONIENE)

Observând cu atenţie mişcarea corpurilor înconjurătoare, putem ajunge la concluzia următoare, cunoscută sub numele de principiul inerţiei:

Există sisteme de referinţă faţă de care un corp îşi menţine starea de mişcare rectilinie şi uniformă în care se găseşte iniţial dacă asupra lui nu acţionează alte corpuri (sau dacă rezultanta tuturor forţelor ce acţionează asupra lui este nulă).

Un sistem de referinţă în care este valabil principiul inerţiei se numeşte **sistem de referinţă inerţial**. Sistemele de referinţă inerţiale au totdeauna, unele faţă de altele, o mişcare rectilinie şi uniformă.

Inerţia poate fi înţeleasă şi ca proprietatea corpurilor de a se opune schimbării stării de mişcare. Deşi toate corpurile au această proprietate, se poate constata uşor că unele corpuri se opun mai puternic şi altele mai slab tentativei de a le schimba starea de mişcare. Inerţia este o proprietate fizică măsurabilă. În consecinţă ea defineşte o mărime fizică numită masă (masă inerţială):

Masa este mărimea fizică ce măsoară inerţia unui corp.

5.2. PRINCIPIUL FUNDAMENTAL (PRINCIPIUL AL DOILEA AL MECANICII)

5.2.1. Forţa rezultantă şi mişcarea

Cazul când forţa rezultantă asupra unui corp este nulă

Se ştie că gheaţa este foarte netedă. După ce un jucător de hochei loveşte pucul, forţa rezultantă care acţionează asupra pucului este egală cu forţa de frecare care are o valoare foarte mică. Cum se mişcă pucul pe gheaţă? Dacă nu ar fi fost frecare, el ar fi continuat să se mişte la nesfârşit în aceeaşi direcţie, deplasându-se exact cu acelaşi număr de metri în fiecare secundă. Deci pucul s-ar fi deplasat cu o viteză constantă la fel de mare ca şi cea iniţială imprimată de forţa rezultantă care a acţionat asupra lui.

Există multe exemple de corpuri care au o viteză constantă şi asupra cărora acţionează o forţă rezultantă nulă. Majoritatea o reprezintă corpurile care au viteza zero şi stau nemişcate. Un alt exemplu este întâlnit deja de voi

când aţi studiat frecarea; atunci aţi împins diferite corpuri de-a lungul mesei cu ajutorul unui dinamometru şi aţi asigurat forţa necesară pentru a menţine corpul în mişcare cu o viteză constantă. Când forţa care trage a fost egală (dar opusă ca sens) cu forţa de frecare, forţa rezultantă a fost nulă.

Cazul când forţa rezultantă nu este zero

În experimentul următor veţi trage un corp cu o forţă puţin mai mare decât forţa de frecare şi veţi observa mişcarea corpului. Va trebui să repetaţi acest lucru de câteva ori deoarece este destul de greu ca dinamometrul să fie tras astfel încât forţa de tracţiune să rămână constantă. Acesta este un experiment CALITATIV pentru că doar veţi descrie mişcarea, fără să măsuraţi caracteristicile ei.

Instrucţiuni

1. Trageţi un corp de-a lungul mesei cu o viteză constantă şi notaţi indicaţia dinamometrului ca fiind o estimare a forţei de frecare de alunecare.

TABEL DE DATE EXPERIMENTALE: FORŢA REZULTANTĂ ŞI MIŞCAREA - STUDIU CALITATIV		
Forţa care trage	**Forţa rezultantă**	**Mişcarea**
F_f	0	viteza constantă
F_f+0,5N	0,5N	
F_f+1N.	1N	

2. Trageţi acelaşi corp cu o forţă mai mare cu 0,5N decât forţa de frecare de alunecare.

3. Trageţi acelaşi corp cu o forţă mai mare cu 1N decât forţa de frecare de alunecare.

Observaţii

Probabil aţi observat că viteza corpului s-a mărit atunci când o forţă rezultantă a acţionat asupra sa. Poate aţi observat cum corpul şi-a mărit viteza mult mai repede atunci când forţa a fost mai mare. Este evident faptul că viteza s-a mărit în sensul în care se mişca corpul şi acţiona forţa rezultantă.

Relaţia dintre acceleraţie şi forţa rezultantă

Când forţa rezultantă este zero acceleraţia este zero. Dacă forţa rezultantă asupra unui corp creşte, atunci şi acceleraţia lui creşte. De fapt, dacă forţa rezultantă este dublată, atunci şi acceleraţia se dublează. Dacă forţa rezultantă care acţionează asupra corpului creşte de 4 ori şi jumătate atunci şi acceleraţia creşte de 4 ori şi jumătate. Deci, putem spune că mărimea acceleraţiei este proporţională cu forţa rezultantă ($a \sim F$).

Relaţia dintre masă şi acceleraţie

Dacă un puc cu masa de 0,5 kg este împins de-a lungul gheţii cu o forţă constantă, el accelerează. Dacă un puc cu masa de 1 kg este împins cu o forţă de aceeaşi mărime, el deasemenea accelerează. Credeţi că acceleraţiile vor fi egale? Dacă o forţă de 1N acţionând asupra unui puc de 0,5 kg, îl face să accelereze cu $1 m/s^2$, care va fi acceleraţia atunci când aceeaşi forţă acţionează asupra unui puc de

1 Kg? (Puteţi încerca să trageţi corpuri cu mase diferite cu aceeaşi forţă rezultantă, întrebuinţând un dinamometru).

Când aceeaşi forţă acţionează asupra a două corpuri, dintre care unul are masa dublă în comparaţie cu celălalt, ambele vor accelera, dar corpul cu masa dublă va avea doar jumătate din acceleraţia celuilalt corp.

Dacă o forţă de 1N acţionează asupra unui puc de 4kg şi acceleraţia va fi $\frac{1}{4}m/s^2$, atunci un puc de 10kg va accelera cu $\frac{1}{10}m/s^2$ sub acţiunea unei forţe de 1N.

În concluzie, corpuri de mase diferite capătă, sub acţiunea unor forţe egale, acceleraţii care sunt invers proporţionale cu masele acestor corpuri.

$$a \sim \frac{1}{m}$$

Combinând cele două relaţii la care am ajuns, putem scrie:

$$a \sim \frac{F}{m} \quad sau, \quad F \sim m \cdot a$$

5.2.2. Principiul fundamental - observaţii şi enunţ

Dacă asupra unui corp nu acţionează nici o forţă, atunci acesta, conform principiului inerţiei, se va mişca cu viteză constantă. Dacă asupra corpului acţionează o forţă, atunci corpul se va mişca accelerat, adică viteza lui va suferi modificări. Aceste modificări se referă la modulul vitezei, la direcţia acesteia sau la amândouă simultan. Între acceleraţia pe care o capătă corpul şi forţa care a acţionat asupra corpului există o legătură simplă, care constituie de fapt „PRINCIPIUL FUNDAMENTAL AL MECANICII":

Vectorul forţă este egal cu produsul dintre masă şi vectorul acceleraţie:

$$\boxed{\vec{F} = m \cdot \vec{a}}$$

Observăm că acest principiu rămâne strâns legat de efectul dinamic al interacţiunii. Unitatea de măsură pentru forţă în S.I. - Newtonul - se poate defini în conformitate cu acest principiu ca fiind forţa care, aplicată unui corp cu masa de 1kg, îi imprimă o acceleraţie de $1 m/s^2$.

5.3. PRINCIPIUL ACŢIUNILOR RECIPROCE (PRINCIPIUL AL TREILEA AL MECANICII NEWTONIENE)

Dacă un corp acţionează asupra altui corp cu o forţă numită acţiune, atunci şi al doilea corp acţionează asupra primului cu o forţă egală în modul, de aceeaşi direcţie şi de sens contrar, forţă numită reacţiune.

Întrucât corpurile acţionează RECIPROC unele asupra altora, folosim termenul de INTERACŢIUNE.

Observaţie

În general acţiunea şi reacţiunea nu se pot compune deoarece ele acţionează asupra unor corpuri diferite. Totuşi, dacă cele două corpuri fac parte dintr-un sistem, când studiem mişcarea sistemului şi ansamblul de forţe care acţionează asupra sistemului, putem compune aceste forţe, fiecare pereche acţiune - reacţiune dând rezultantă nulă.

5.3.1. Tensiunea în fire

În paragraful 4.8.7. am văzut că în corpurile întinse sau comprimate (fire sau bare) apar forţe numite forţe de tensiune elastică.

Tensiunea dintr-un fir se poate găsi din punct de vedere practic prin intercalarea pe fir a unui dinamometru; indicaţia dinamometrului este tocmai tensiunea în fir. În cazul problemelor, tensiunea în fir se poate găsi făcând mintal o tăietură (figura 5.1.) şi introducând câte o forţă la fie-

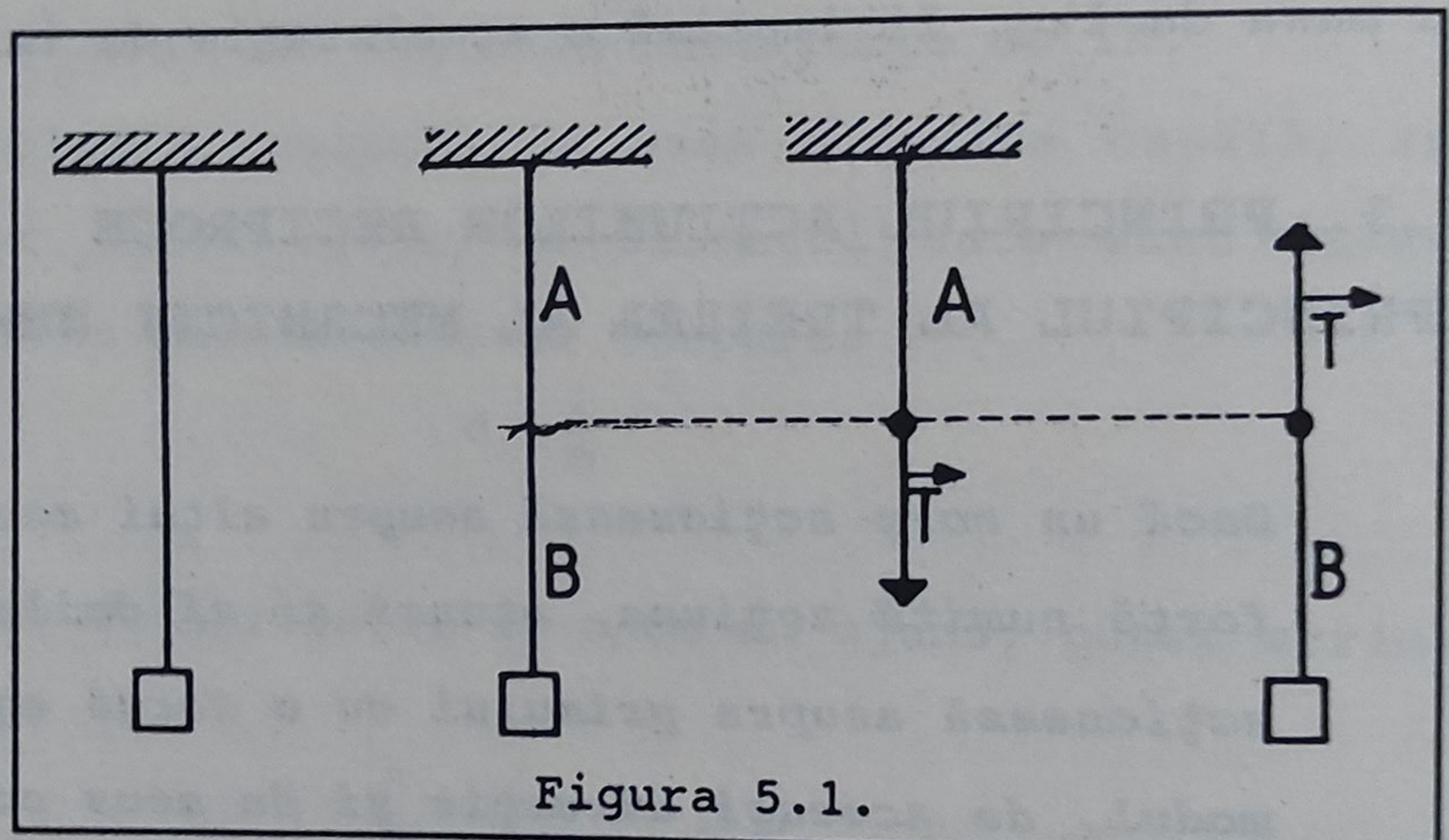


Figura 5.1.

care capăt de fir ce se formează (forţă care de fapt înlocuieşte acţiunea celeilalte porţiuni). Cele două forţe de tip acţiune - reacţiune se consideră fiecare tensiune în fir şi sunt orientate în lungul firului. Când masa firului şi frecările acestuia se pot neglija, tensiunile dezvoltate în fir au aceeaşi valoare în tot lungul firului.

Aplicaţie

Un corp de masă m = 3kg se mişcă uniform, cu frecare, pe o suprafaţă orizontală. El este tras cu ajutorul unui fir de masă neglijabilă. Să se determine tensiunea în fir, dacă coeficientul de frecare are valoarea $\mu = 0,2$ ($g = 10N/kg$).

Rezolvare

Între corp şi fir apare o interacţiune (firul trage de corp iar corpul trage şi întinde firul). Acestei interacţiuni îi corespunde perechea de forţe acţiune-reacţiune $\vec{T}$ şi $\vec{T}'$ (figura 5.2.), unde $\vec{T}'$

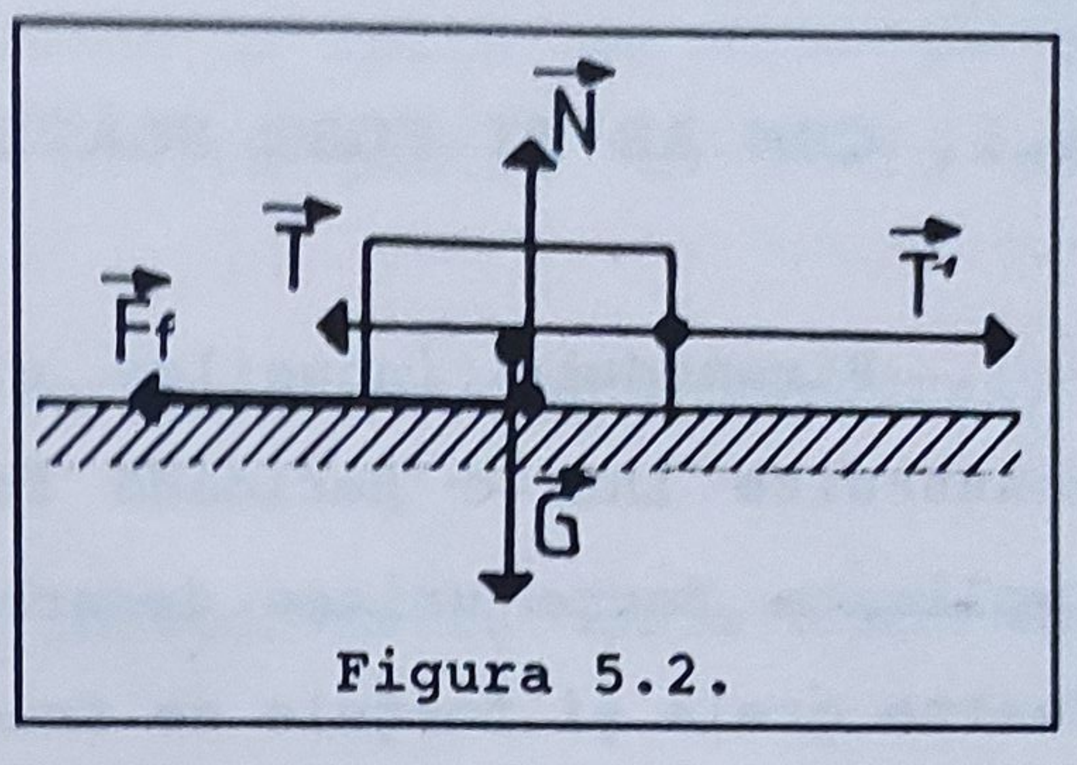


Figura 5.2.

este forţa cu care firul trage de corp (tensiunea din partea firului) iar $\vec{T}$ forţa cu care corpul trage de fir (tensiunea la capătul firului). Asupra corpului acţionează forţele $\vec{T}'$, $\vec{F}_f$, $\vec{N}$ şi $\vec{G}$. Pe verticală, întrucât corpul nici nu urcă, nici nu coboară, $\vec{N}+\vec{G}=0$, deci cele două forţe sunt de sens contrar şi egale în modul: $N = G = m \cdot g$. Pe orizontală $\vec{T}' + \vec{F}_f = 0$ deoarece corpul nu are acceleraţie (rezultanta tuturor forţelor este nulă: $\vec{T}'+\vec{F}_f+\vec{N}+\vec{G}=0$ şi cum ultimile două se anulează reciproc rămân să se anuleze şi $\vec{T}'$ cu $\vec{F}_f$). Dar $\vec{T}$ şi $\vec{T}'$ sunt egale în modul şi de sens contrar, deci: $\vec{T} = \vec{F}_f$. Ca mărime, putem scrie pentru tensiunea în fir:

$$T = F_f = \mu \cdot N = \mu \cdot G = \mu \cdot m \cdot g$$

Numeric: $T = 0,2 \cdot 3kg \cdot 10N/kg = 6N.$

Observaţie

Tensiunea elastică într-un corp deformat este, în general o mărime mai complexă decât cea vectorială (se numeşte mărime tensorială).

În unele cazuri particulare (de exemplu: pai comprimat, fir întins etc.) ea se poate trata vectorial.

6. LUCRUL MECANIC. PUTEREA MECANICĂ.

6.1. CUM AR FI FOST PLĂTIŢI INCAŞII

Piramidele incaşilor din America de Sud au fost construite într-o perioadă foarte mare de timp. Au fost implicate forţe uriaşe deoarece blocurile de piatră erau foarte grele şi forţele de frecare care se opuneau mişcării de-a lungul terenului erau deasemenea foarte mari. În plus, blocurile de piatră trebuiau să fie deplasate pe distanţe mari.

Dacă incaşii ar fi fost plătiţi pentru munca lor, acest lucru ar fi constituit o problemă de fizică foarte interesantă.

Unii oameni cred că la construirea acestor piramide au fost implicate fiinţe cu o civilizaţie superioară, venite de pe altă planetă. Dacă aceste fiinţe superioare ar fi putut măsura forţele aplicate de fiecare incaş, cum i-ar fi putut plăti pentru a-i încuraja să lucreze mai mult? Dacă i-ar fi plătit doar luând în considerare timpul cât a lucrat fiecare, cei leneşi şi slabi ar fi primit aceiaşi bani ca şi cei harnici şi puternici. Dacă ar fi plătit o anumită sumă pentru fiecare newton de forţă pe care un incaş a aplicat-o, acest lucru nu ar fi ţinut cont de faptul dacă el a mişcat forţa pe o distanţă mare sau mică. Dacă i-ar fi plătit ţinând cont doar de distanţă, acest lucru nu ar fi avut în vedere dacă incaşii au acţionat cu o forţă mare sau una mică. Probabil că cea mai bună modalitate ar fi fost de a plăti fiecăruia totalul „(forţă) X (distanţa efectuată)".

De exemplu, dacă un încaş a ajutat la mişcarea unui bloc de piatră în sus, aplicând o forţă de 400N pe o distanţă de 2m, el trebuia plătit pentru un lucru de 400N x 2m = 800Nm.

În fizică, cantitata „(forţă) X (distanţa parcursă)" se numeşte LUCRU MECANIC.

Un lucru mecanic de un „newton·metru" este numit un lucru mecanic de un joule.

Un incaş puternic ar fi putut efectua un lucru mecanic de 800J într-o secundă. Unul mai puţin puternic în 2 secunde.

Puterea unui om care mişcă un corp acţionând cu o forţă reprezintă lucrul efectuat în fiecare secundă (lucrul mecanic total efectuat împărţit la timp). Puterea corespunzătoare unui joule pe secundă (J/s) este numită watt (W).

6.2. LUCRUL MECANIC

Când spunem că cineva lucrează, gândim că acesta depune un efort pentru realizarea unui scop.

Să presupunem că avem de deplasat un cărucior pe o anumită porţiune. Efortul depus pentru această deplasare este proporţional nu numai cu forţa aplicată dar şi cu mărimea deplasării. Într-adevăr, dacă ne propunem să deplasăm căruciorul pe o distanţă dublă, atunci efortul va fi de două ori mai mare.

În strânsă legătură cu efortul consumat pentru efectuarea unei activităţi fizice se defineşte mărimea fizică numită lucru mecanic.

Lucrul mecanic L al unei forţe constante F este mărimea fizică egală cu produsul dintre modulul forţei ce acţionează asupra punctului material pe direcţia mişcării lui şi deplasarea acestuia (figura 6.1.).

$$L = F \cdot \Delta d$$

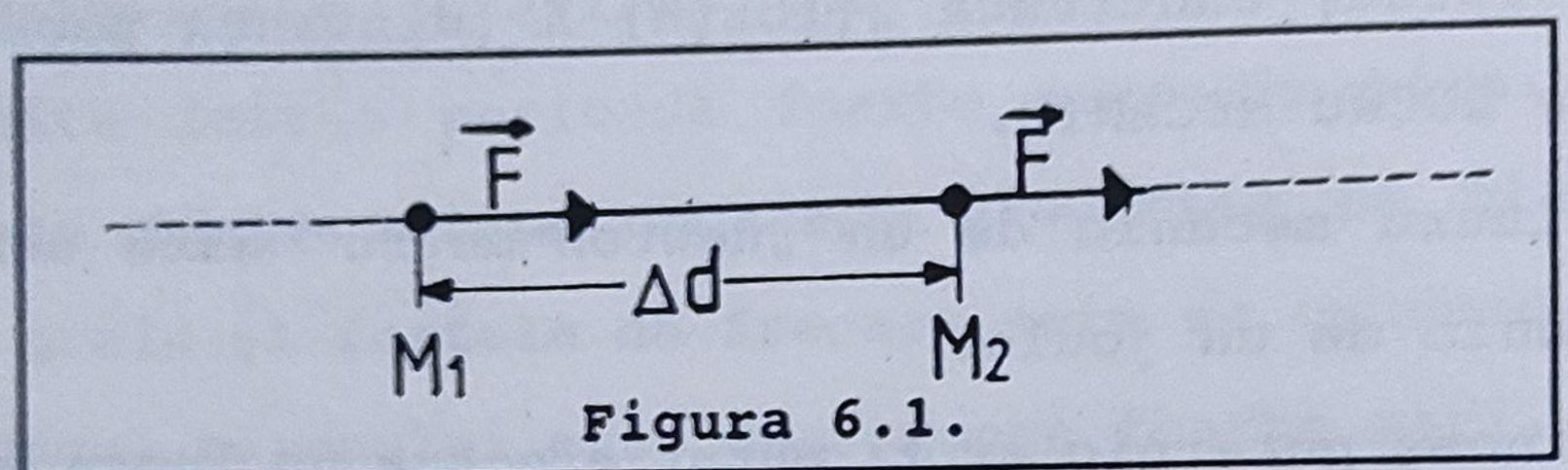


Figura 6.1.

Unitatea de măsură pentru lucru mecanic se numeşte Joule.

Din relaţia de mai sus rezultă că : $[L]_{SI} = N \cdot m = J$

Un joule reprezintă lucrul mecanic efectuat de o forţă constantă de 1N al cărei punct de aplicaţie se deplasează cu 1m în direcţia şi sensul acesteia.

O unitate de măsură mult utilizată (care nu aparţine S.I.) este kilowattora, notată kWh: 1kWh = 3.600.000J.

Noţiunea de lucru mecanic este strâns legată de cea de deplasare. Ea nu trebuie confundată cu cea de efort în sens biologic. De exemplu, dacă ţinem în mână o căldare cu apă (fără a o deplasa), din punct de vedere biologic noi depunem efort, dar lucrul mecanic este nul datorită absenţei deplasării. Nu mai vorbim de efortul intelectual, unde nu avem de-a face nici cu forţe, nici cu deplasări.

Observaţii

1. Lucrul mecanic este o mărime fizică scalară (forţa şi deplasarea intervin în definiţia lucrului mecanic numai prin modulele lor).

2. Lucrul mecanic este al unei forţe (nu al unui corp). Pentru acelaşi corp, care are aceeaşi deplasare, putem defini mai multe lucruri mecanice.

De exemplu, pentru corpul din figura 6.2. avem:

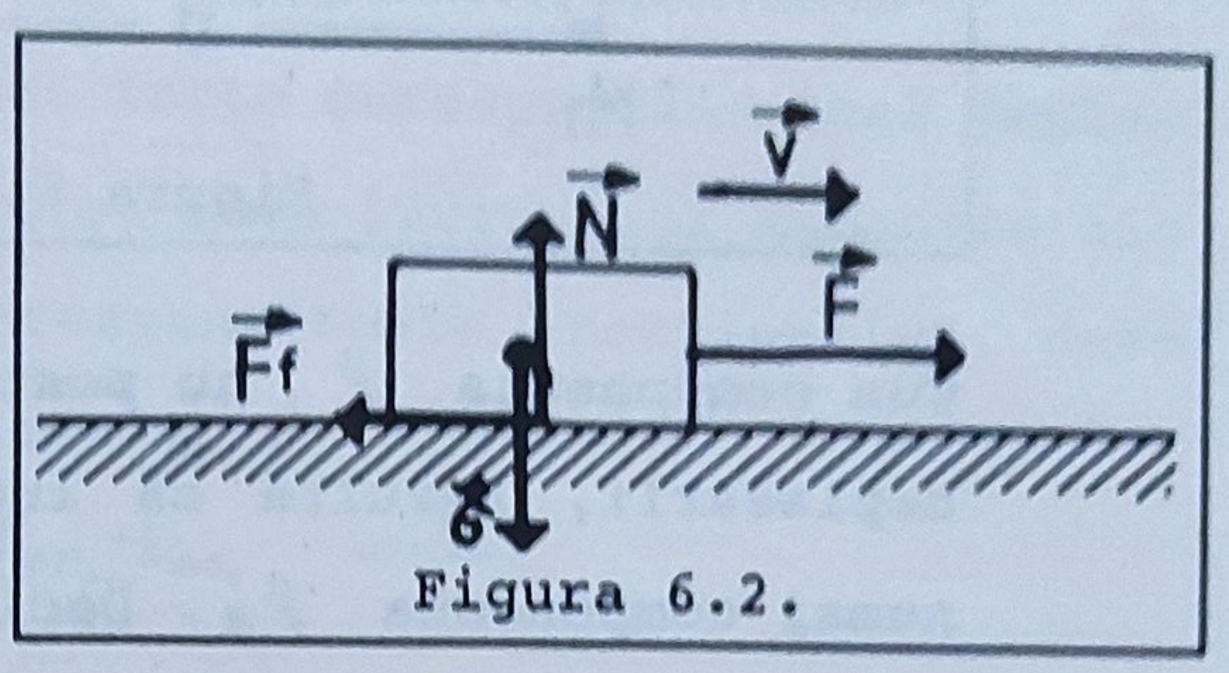


Figura 6.2.

L_F: lucrul mecanic al forţei de tracţiune; L_{Ff}: lucrul mecanic al forţei de frecare; L_G: lucrul mecanic al greutăţii; L_N: lucrul mecanic al forţei de reacţiune normală şi L_R: lucrul mecanic al forţei rezultante.

3. Unele mărimi fizice pot fi de stare iar alte mărimi de proces. Prin „starea" unui sistem fizic înţelegem toate proprietăţile sale la un moment dat. De exemplu: masa, viteza, lungimea, volumul, densitatea unui corp sunt mărimi de stare. Mărimile de proces se referă la TRANSFORMAREA suferită de un sistem, adică la trecerea acestuia dintr-o stare în altă stare. LUCRUL MECANIC ESTE O MĂRIME DE PROCES!

4. Dacă forţa nu acţionează pe direcţia deplasării, atunci o vom descompune în două componente, una paralelă cu deplasarea $\vec{F}_{\parallel}$ şi alta perpendiculară pe deplasare $\vec{F}_{\perp}$ (figura 6.3.).

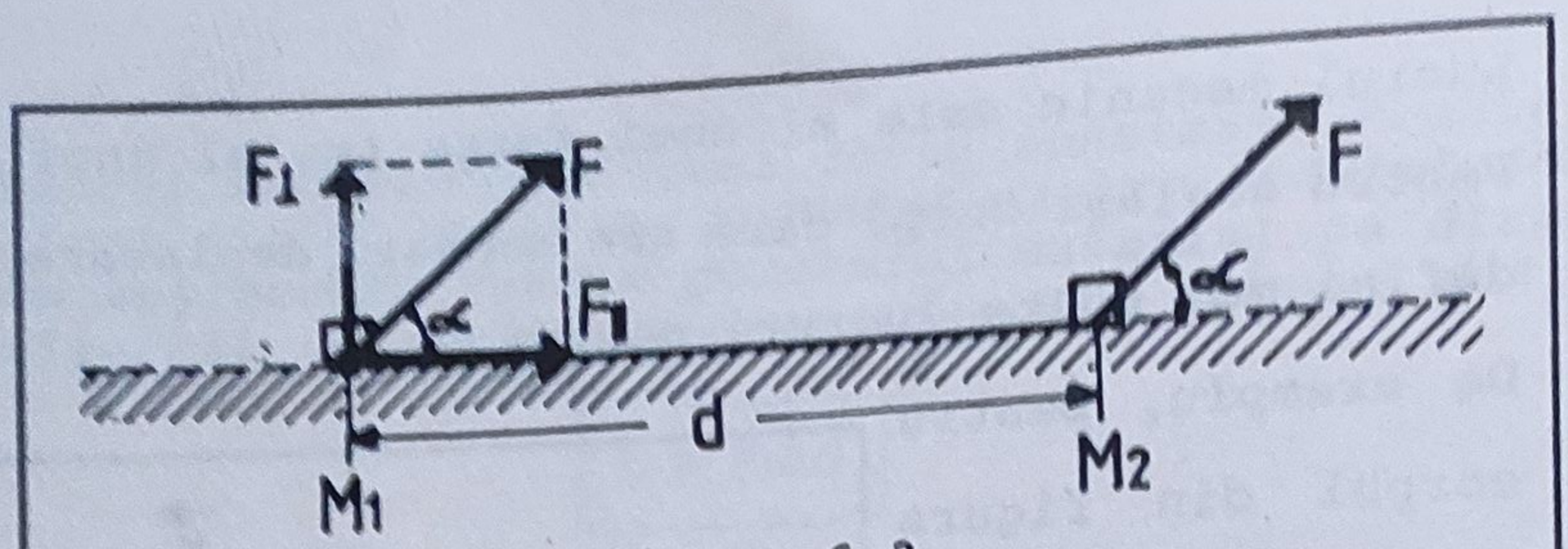


Figura 6.3.

Cum componenta $\vec{F}_{\perp}$ nu poate mişca corpul pe direcţia deplasării, rezultă că lucru mecanic poate efectua numai componenta $\vec{F}_{\parallel}$. Deci vom avea:

$$L_F = L_{F\parallel}$$

Dar cum $F_{\parallel} = F \cdot \cos\alpha$ putem scrie:

$$L_F = F_{\parallel} \cdot d = F \cdot d \cdot \cos\alpha$$

Dacă $\vec{F}_{\parallel}$ are acelaşi sens cu deplasarea, prin convenţie lucrul mecanic se consideră pozitiv (se numeşte lucru mecanic motor) iar dacă $\vec{F}_{\parallel}$ are sens contrar deplasării, lucrul mecanic se ia cu semnul minus (se numeşte lucru mecanic rezistent).

De exemplu, dacă forţa de frecare se opune deplasării, atunci lucrul ei mecanic va fi rezistent ($L=-F_f \cdot d<0$). Această convenţie de semn va fi necesară mai târziu (cap. „Energia mecanică"). Ea este în acord perfect cu semnul funcţiei cosinus ($\cos\alpha > 0$, pentru $0° < \alpha < 90°$ şi $\cos\alpha < 0$ pentru $90° < \alpha < 180°$)

5. Lucrul mecanic este o mărime aditivă atât din punct de vedere al forţei, cât şi al deplasării. Aceasta înseamnă că:

a) Lucrul mecanic al forţei rezultante este egal cu suma algebrică a lucrurilor mecanice a forţelor componente (toate relativ la aceeaşi deplasare):

$$L_R=L_{F_1}+L_{F_2}+\ldots+L_{F_n} \quad (\text{unde: } \vec{R}=\vec{F}_1+\vec{F}_2+\ldots+\vec{F}_n)$$

b) Lucrul mecanic al unei forţe corespunzând unei deplasări totale este egal cu suma lucrurilor mecanice ale aceleiaşi forţe corespunzătoare porţiunilor care alcătuiesc acea deplasare:

$$L_{\Delta d}=L_{\Delta d_1}+L_{\Delta D_2}+L_{\Delta d_3} \quad \text{unde:}$$

$$\Delta d=\Delta d_1+\Delta d_2+\Delta d_3$$

Intuitiv, prima proprietate arată că efortul total depus pentru învingerea forţei rezultante este egal cu suma eforturilor depuse pentru învingerea fiecărei forţe componente (toate pentru aceeaşi deplasare). A doua proprietate arată că efortul depus pentru a deplasa un corp pe distanţa totală este egal cu suma eforturilor depuse pe fiecare porţiune a deplasării.

6. Lucrul mecanic se poate interpreta geometric ca fiind egal cu aria figurii care se formează între graficul forţei ca funcţie de coordonata mobilului, axa absciselor şi ordonatele corespunzătoare punctelor iniţial şi final în raport cu deplasarea (aria haşurată din figura 6.4.). În figură acest lucru este evident pentru că lungimea dreptunghiului este egală cu deplasarea mobilului (d_2-d_1) iar înălţimea acestuia reprezintă valoarea forţei F.

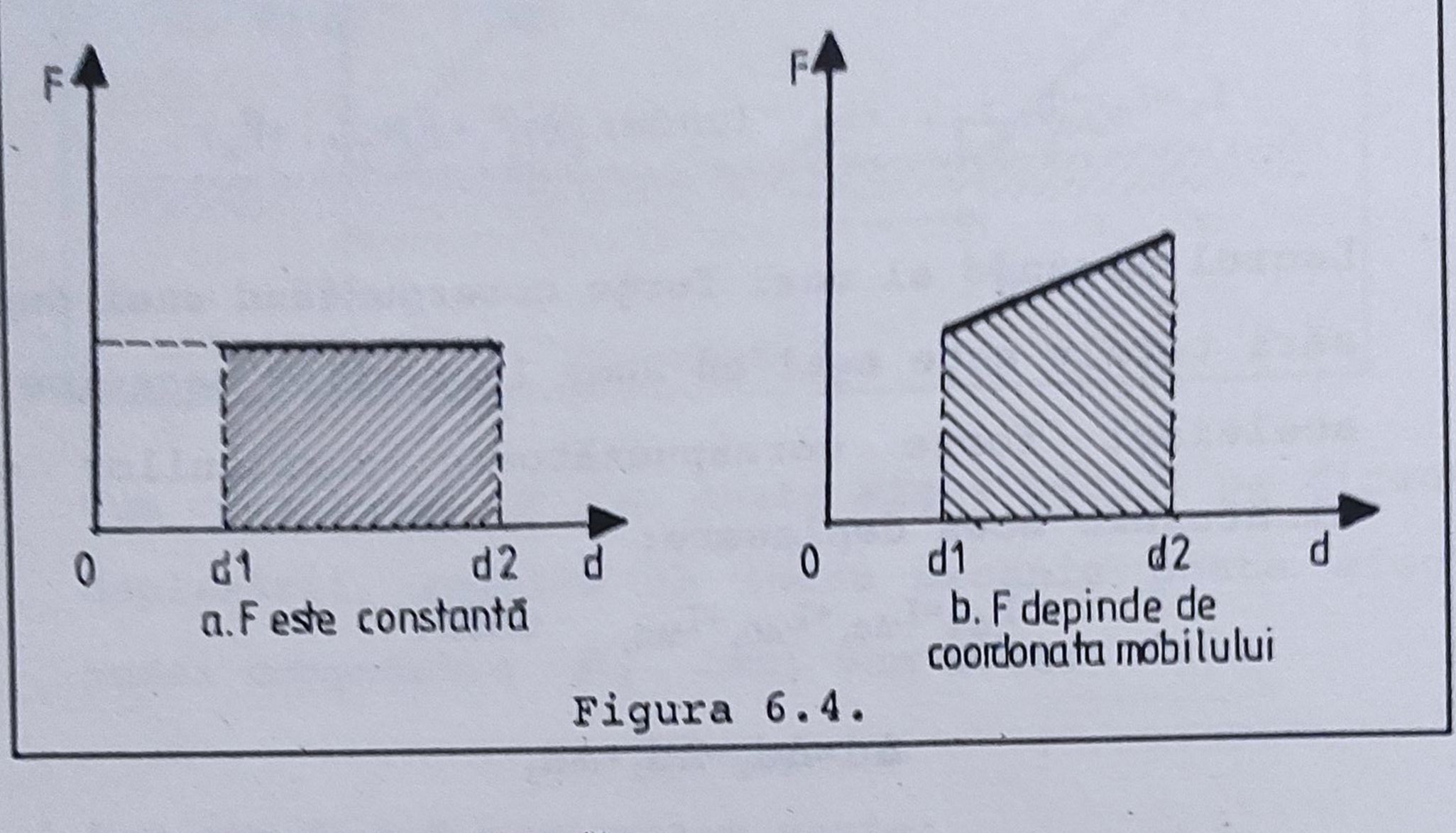


Figura 6.4.

6.3. PUTEREA MECANICĂ

6.3.1. Definiţie; unităţi de măsură.

Puterea mecanică este mărimea care ne indică cât de repede se efectuează un anumit lucru mecanic.

Să presupunem că motorul unui tramvai efectuează într-o secundă un lucru mecanic de 10^5J iar motorul unei maşinuţe jucărie un lucru mecanic de 10^6J timp de o lună. Faptul că al doilea lucru mecanic este mai mare decât primul nu înseamnă că maşinuţa este mai puternică decât tramvaiul! Pentru a putea preciza care din cele două dispozitive dezvoltă o putere mai mare trebuie să urmărim lucrul mecanic efectuat de acestea în **ACELAŞI INTERVAL DE TIMP**. În practică se alege intervalul de timp egal cu unitatea. De exemplu dacă în intervalul de timp $\Delta t=7s$ sistemul fizic efectuează lucrul mecanic L, atunci în unitatea de timp (1s) ar corespunde un lucru mecanic de 7 ori mai mic, adică $L/\Delta t$. Acest raport defineşte mărimea fizică numită putere mecanică P:

$$P = \frac{L}{\Delta t}$$

Puterea mecanică este mărimea egală cu raportul dintre lucrul mecanic efectuat de un sistem fizic şi intervalul de timp în care s-a efectuat acest lucru mecanic (puterea mecanică este numeric egală cu lucrul mecanic efectuat în unitatea de timp).

Unitatea de măsură a puterii în Sistemul Internaţional se numeşte watt:

1W reprezintă puterea unui dispozitiv care efectuează în fiecare secundă un lucru mecanic de 1J: W=J/s

În practică mai este toleratată o unitate veche de măsură, numită cal-putere (CP): 1CP ≈ 736W

(Calul dezvoltă această putere numai când opinteşte din greu; în mod normal puterea unui cal este cam jumătate de CP; pentru comparaţie arătăm că motorul uneui autoturism Dacia 1300 are 54CP ≈ 40kW iar o locomotivă are cca. 2500CP≈ ≈1800kW).

Puterea mecanică se mai poate exprima ca produsul dintre forţă şi viteză:

$$P = \frac{F \cdot \Delta d}{\Delta t} = F \cdot v$$

Relaţia de definiţie a puterii ne permite să exprimăm lucrul mecanic ca produsul dintre putere şi intervalul de timp corespunzător efectuării acestui lucru mecanic:

$$L = P \cdot \Delta t$$

Conform cu această relaţie putem defini acum kilowattora (vezi cap. 6.2.) ca fiind lucrul mecanic efectuat timp de 1 oră de un sistem care dezvoltă o putere constantă de 1kW (1000W).

De exemplu, energia electrică furnizată apartamentului în care locuiţi este plătită după numărul de kilowattore consumate, citite pe contorul electric.

6.3.2. Măsurarea puterii unei persoane care aleargă pe scări în sus

Organizaţi o competiţie pentru a compara puterea diferiţilor elevi care aleargă pe scări în sus (fig. 6.5.).

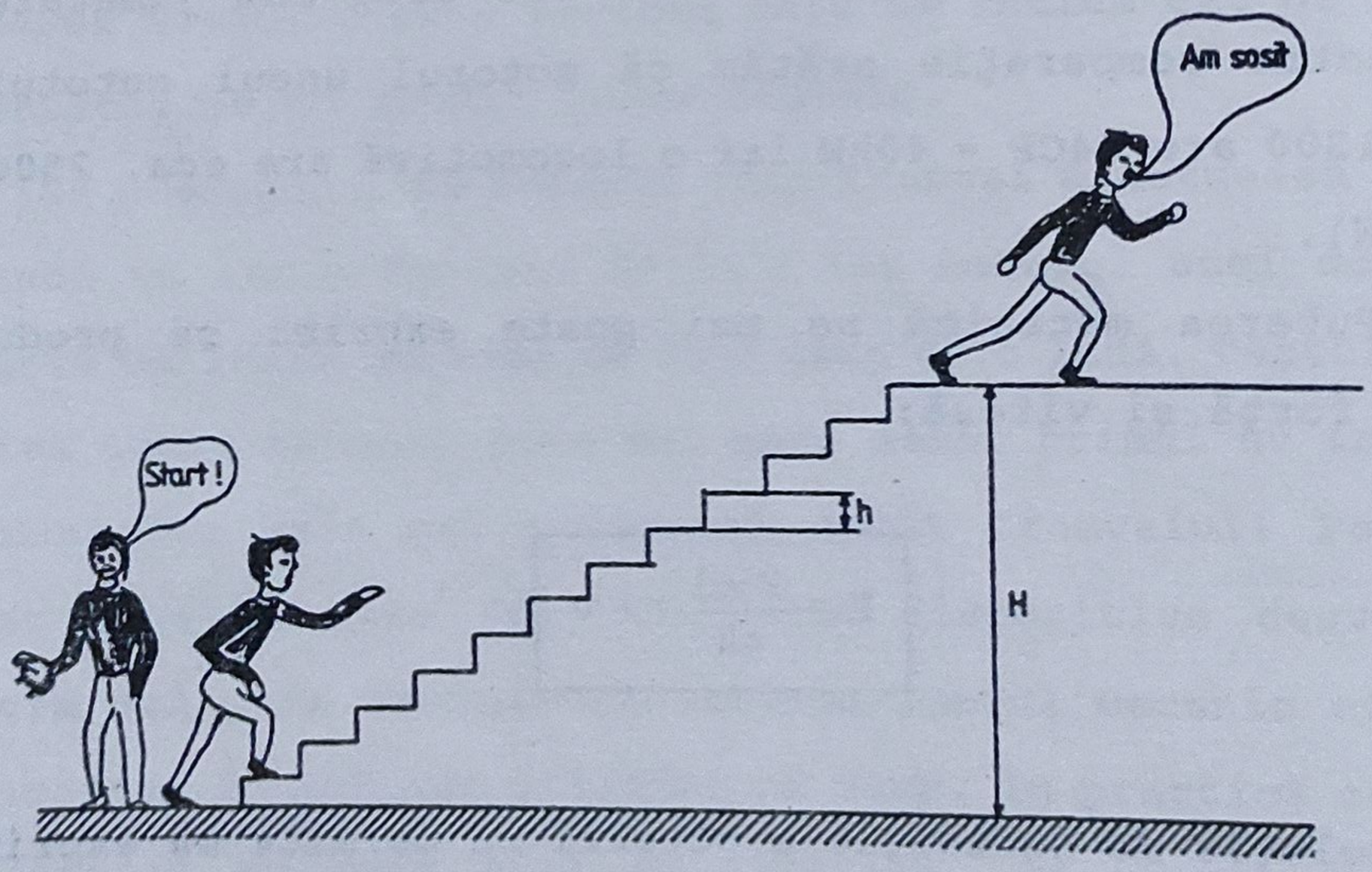


Figura 6.5.

Instrucţiuni

1. Măsuraţi masa fiecărui elev. Pentru acest lucru puteţi să vă duceţi la cabinetul medical! Dacă nu, puteţi doar estima masa fiecăruia.

2. Măsuraţi înălţimea scărilor pe care urmează să alergaţi în sus. O metodă ar fi să calculaţi înălţimea medie a unei trepte. Apoi număraţi treptele până la capătul de sus şi înmulţiţi-l cu înălţimea unei trepte pentru a afla înălţimea totală. O altă metodă pe care aţi putea să o întrebuinţaţi este de a atârna un fir lung din capul scărilor până la baza lor, să faceţi un semn pe el şi să măsuraţi lungimea.

3. În continuare trebuie să vă hotărâţi cum să măsuraţi timpul necesar fiecărui elev să parcurgă în fugă scările.

Rezultate

DETERMINAREA ÎNĂLŢIMII SCĂRILOR	
Înălţimea a 5 trepte	
media înălţimii unei trepte (h)	
numărul de trepte (n)	
înălţimea scărilor (H)	

TABEL DE DATE EXPERIMENTALE: MĂSURAREA PUTERII UNUI ELEV					
ELEVUL	MASA m (kg)	GREUTATEA G=m·g (N)	LUCRUL MECANIC L=G·H (J)	TIMP t (s)	PUTEREA P=L/t (W)

Discuţii

1. Care elev a fost cel mai puternic?
2. Care elev a efectuat cel mai mult lucru mecanic?
3. Este de aşteptat ca cel mai puternic elev să fie cel cu talia mai mare?
4. Care a fost forţa principală în experimentul vostru? Aceasta a fost singura forţă care a intervenit? Credeţi că acesta este exact lucrul mecanic pe care l-aţi efectuat?

7. MECANISME SIMPLE

7.1. INTRODUCERE

Din cele mai vechi timpuri omul a observat că poate să-şi uşureze munca folosind diferite obiecte: răngi, cuţite, topoare. (figura 7.1.)

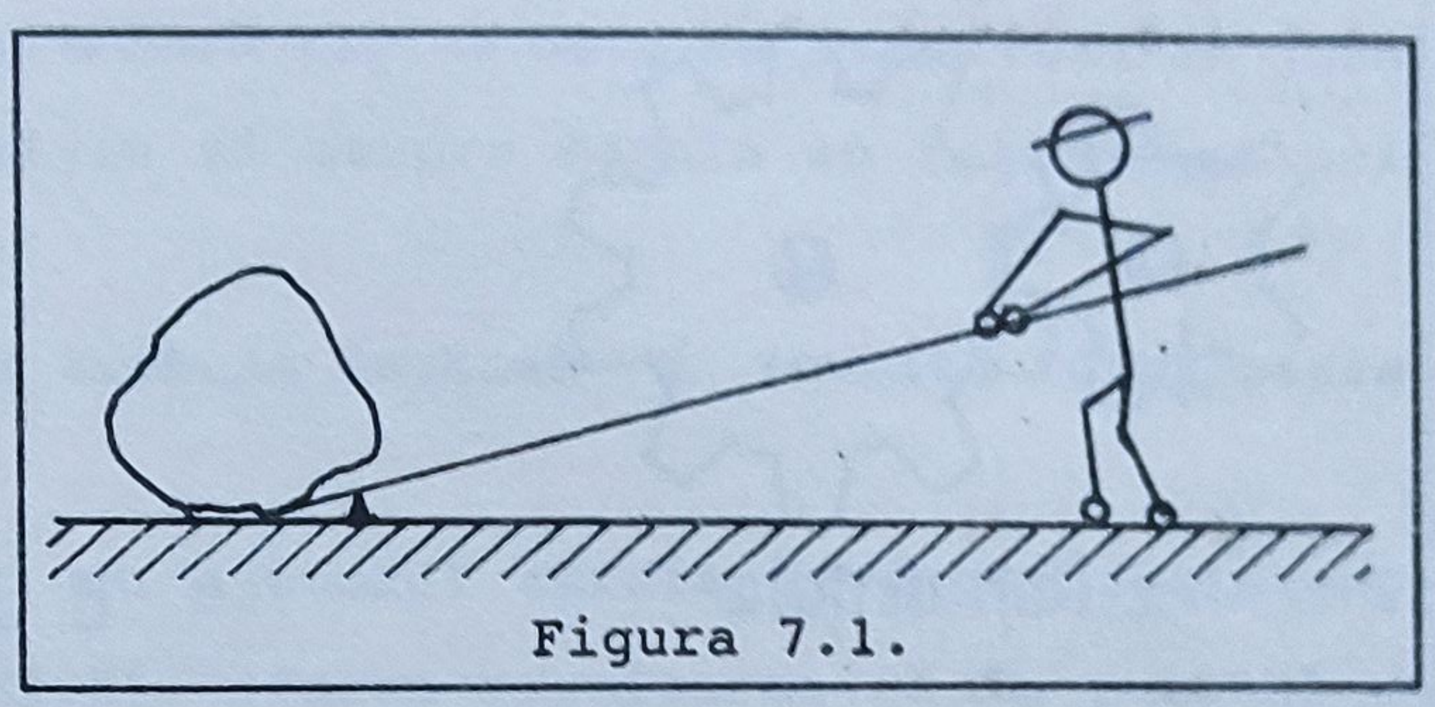


Figura 7.1.

Treptat s-au inventat şi s-au construit o mare varietate de mecanisme, tot mai complexe. În componenţa oricărei maşini intră mecanisme de tipul pârghiilor, scripeţilor, şuruburilor, planului înclinat, angrenajelor de roţi dinţate. Acestea se numesc mecanisme sau maşini simple; (figura 7.2.) vom studia în paginile următore câteva din caracteristicile lor.

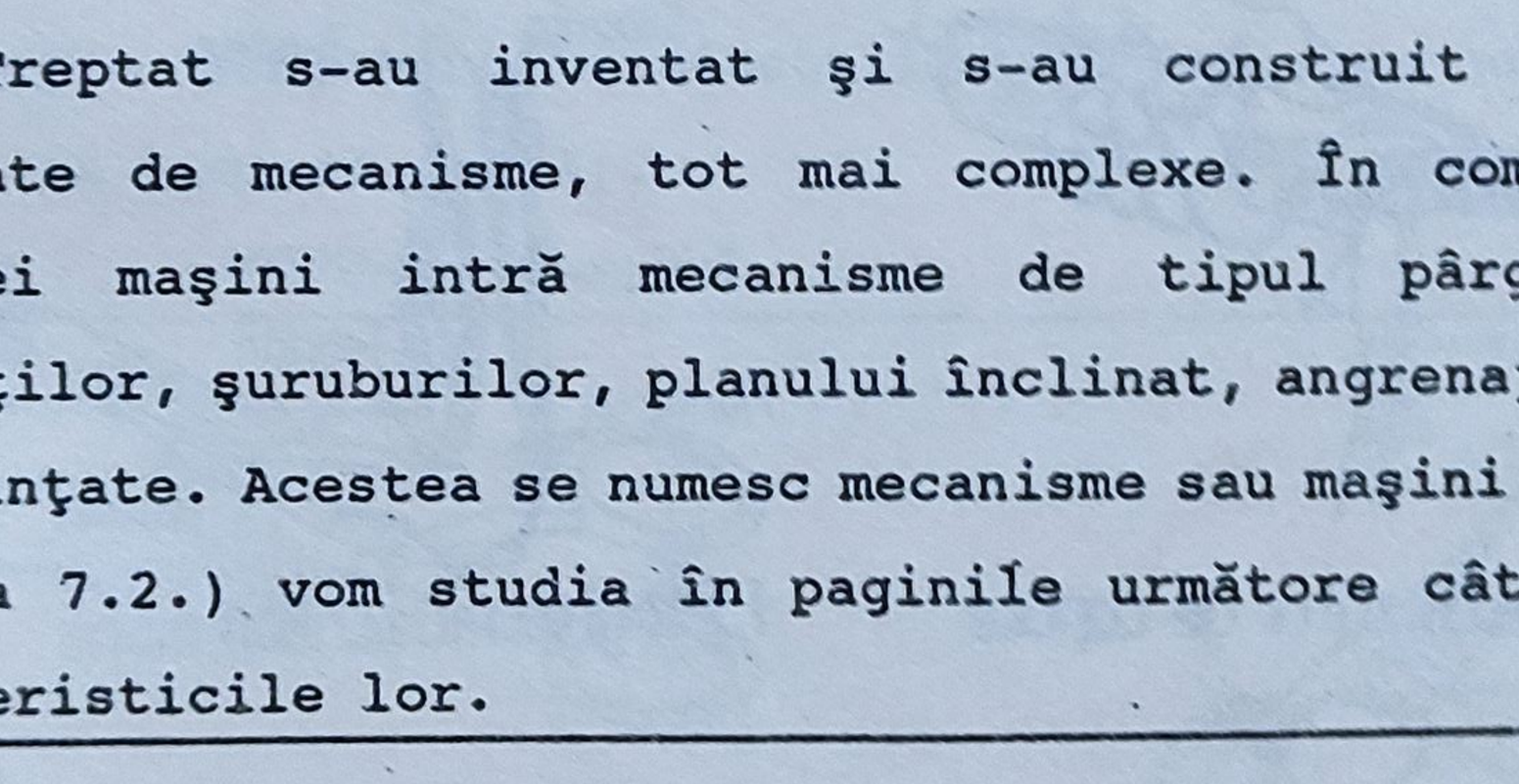
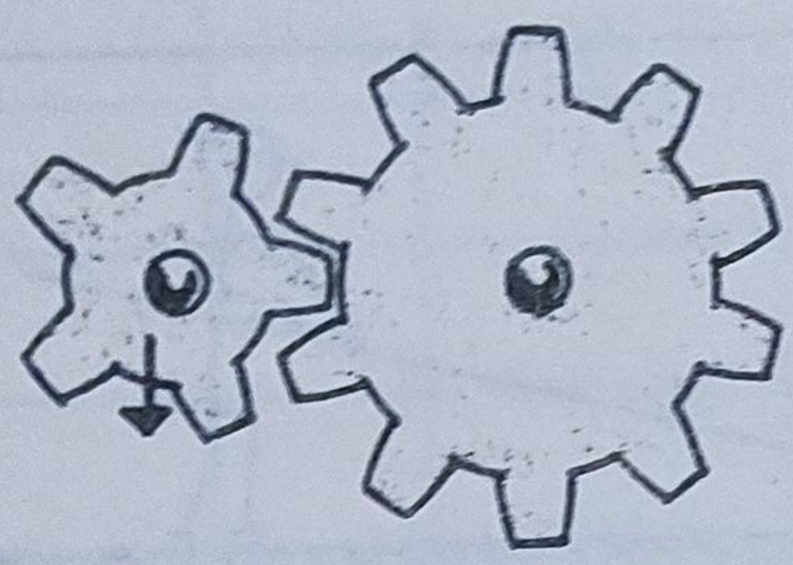
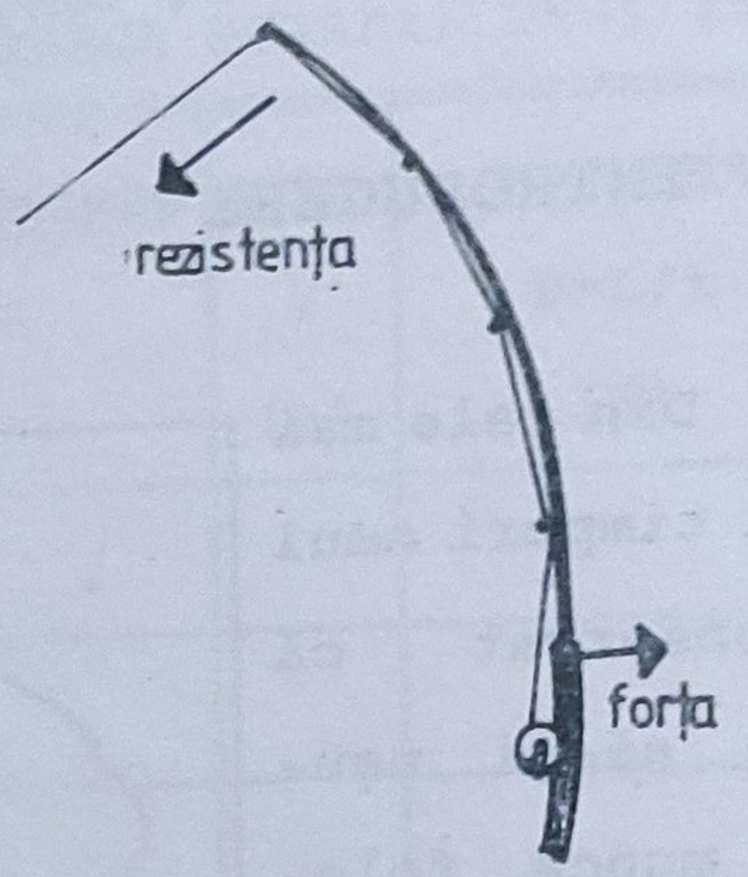


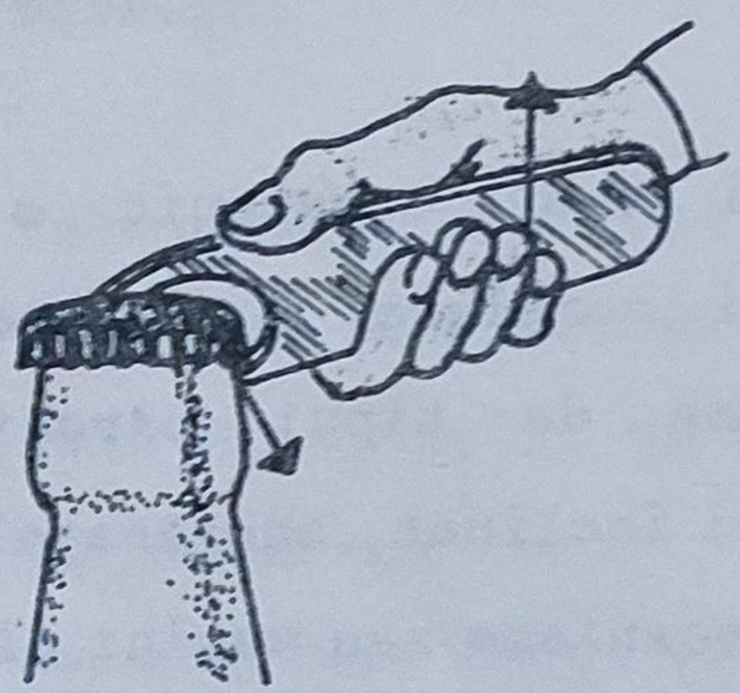
Figura 7.2. a şi b



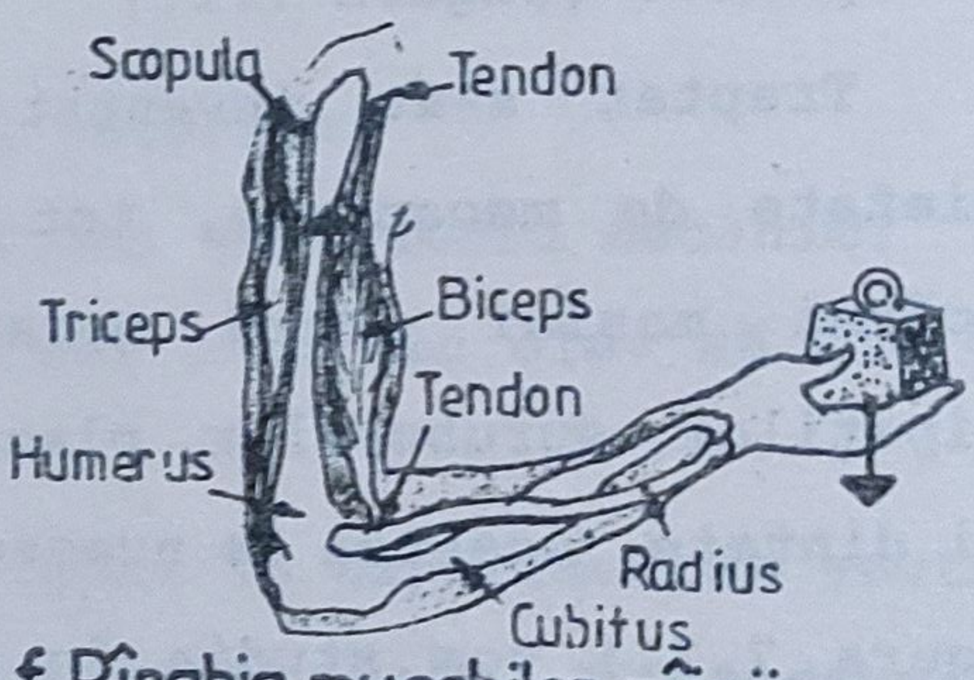
c. Roți dințate



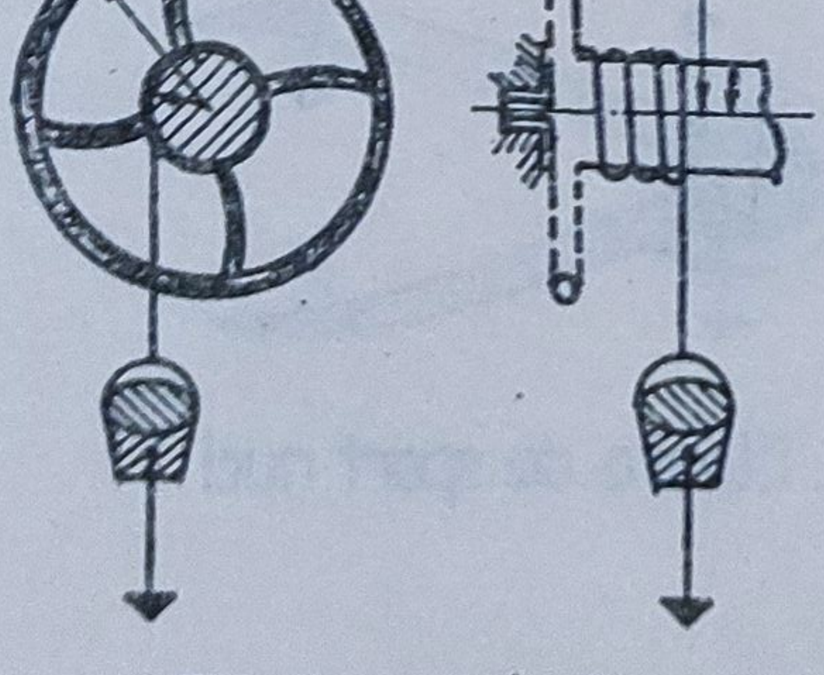
d. Undița



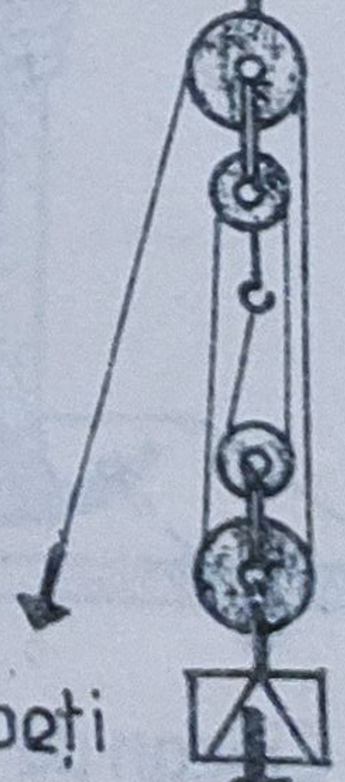
e. Deschizător de capace



f. Pîrghia mușchilor mîinii



g. Tamburul fîntînii



h. Scripeți

Figura 7.2. c-h

7.2. PÂRGHII

7.2.1. Prezentare. Clasificare.

Pârghia este o bară rigidă care se poate roti în jurul unui punct de sprijin şi asupra căreia se acţionează prin două forţe:

- forţa care trebuie învinsă $\vec{R}$ (numită forţă rezistentă)

- forţa $\vec{F}$ cu ajutorul căreia învingem rezistenţa (numită forţă activă). (Facem precizarea că în punctul de sprijin ia naştere o forţă de reacţiune din partea reazemului asupra pârghiei; în discuţiile ce vor urma nu ne vom referi la această forţă).

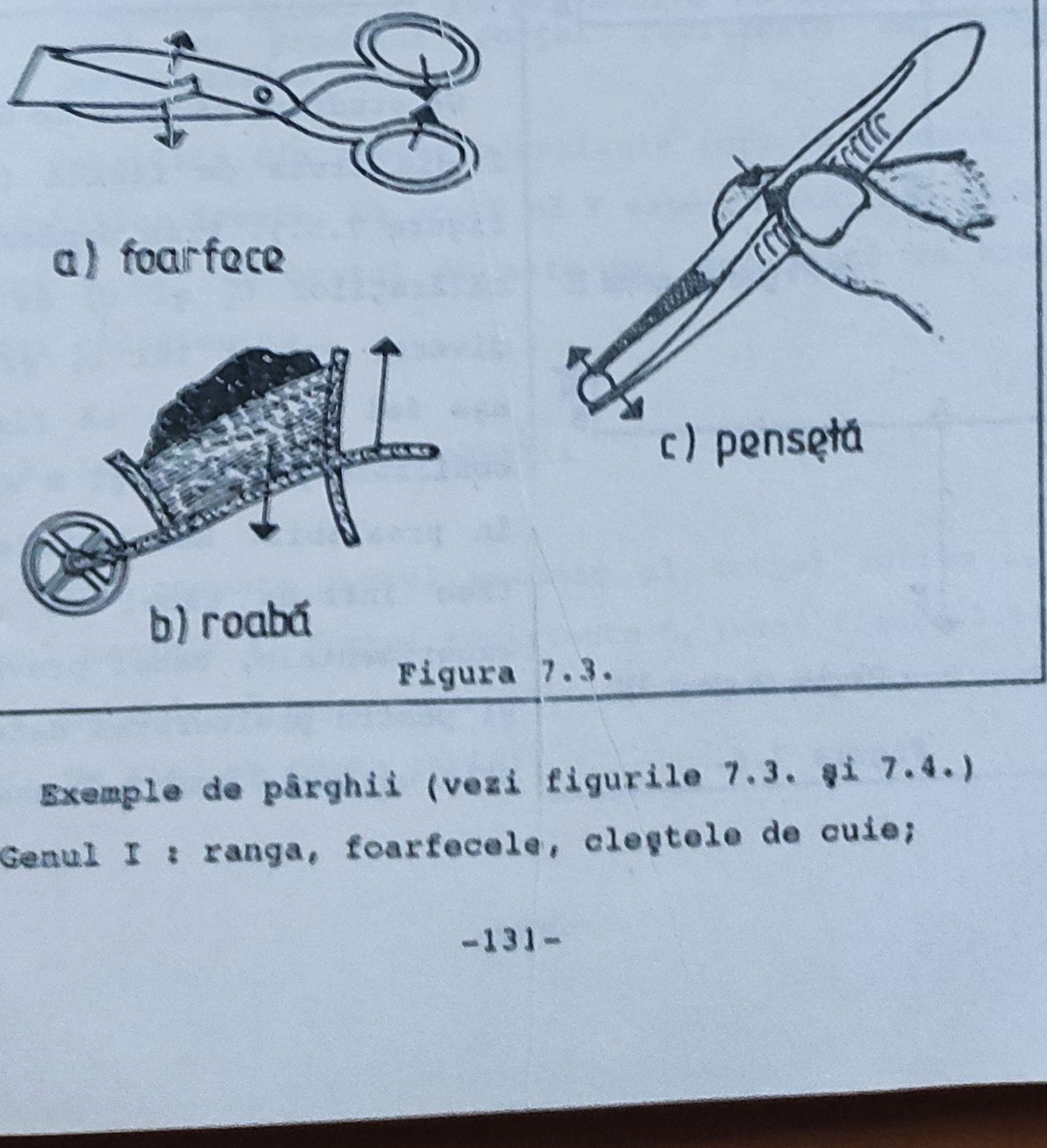


Figura 7.3.

Exemple de pârghii (vezi figurile 7.3. şi 7.4.)

- Genul I : ranga, foarfecele, cleştele de cuie;

- Genul II: roaba, cleştele de spart nuci, pedala de frână
- Genul III : penseta, vătraiul;

Vom numi braţul unei forţe (b) distanţa de la punctul de sprijin la dreapta-suport a forţei.

Astfel în figura 7.4. braţul forţei active este $b_F = OA$ iar braţul forţei rezistente este $b_R = OB$

7.2.2. Experiment cu pârghii

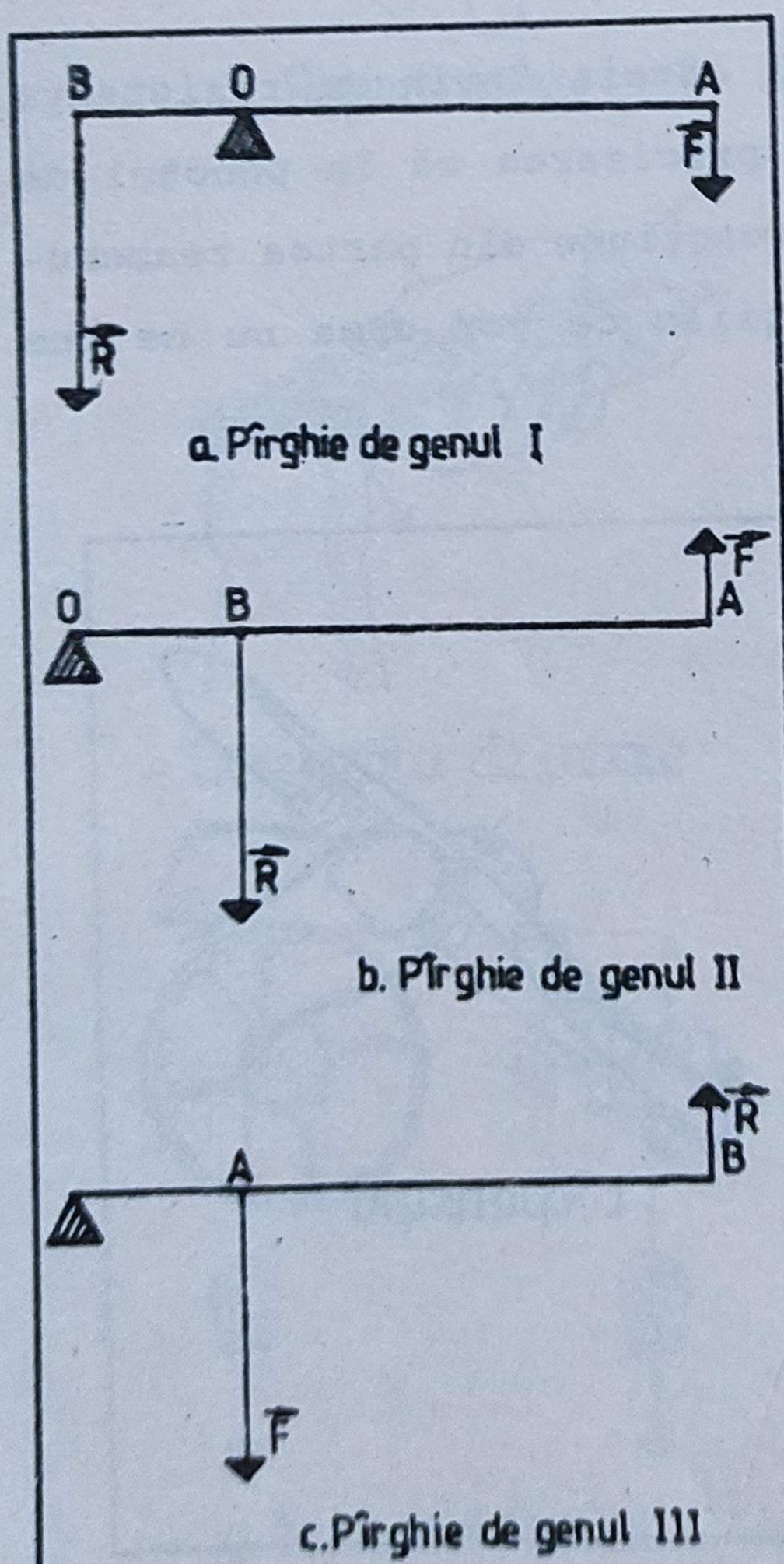


Figura 7.4.

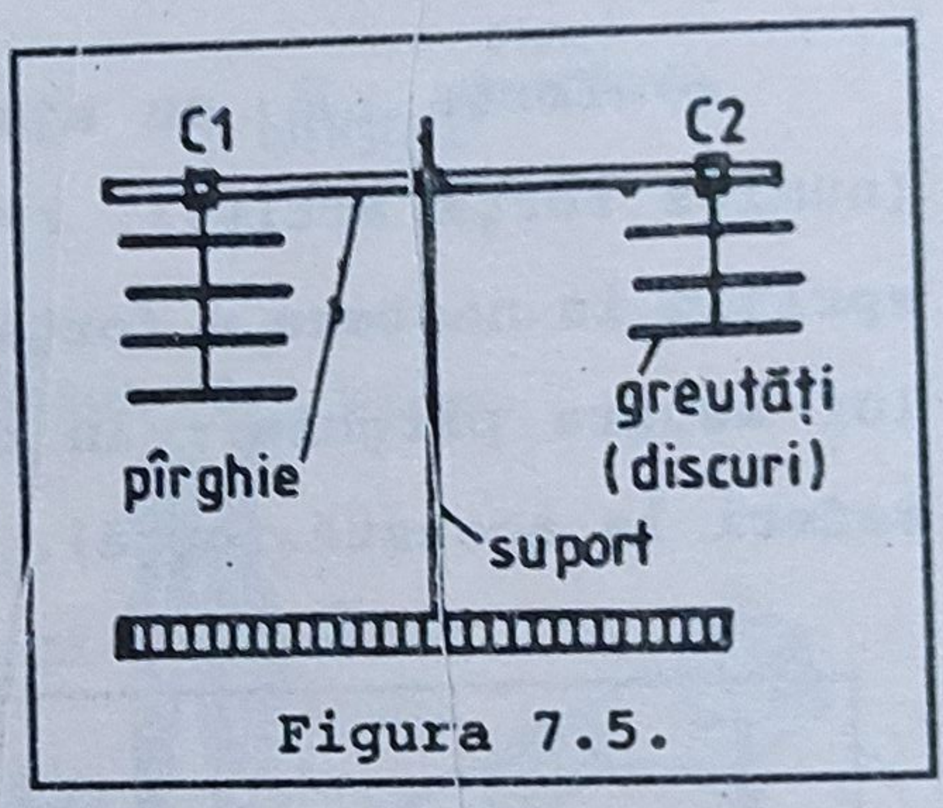


Figura 7.5.

Se studiază pârghia de Genul I din trusa de fizică (vezi figura 7.5.). Prin deplasarea călăreţilor C_1 şi C_2 se dau diverse valori lui b_R şi b_F, aşa fel ca pârgia să fie în echilibru pentru F şi R alese în prealabil. Rezultatele se trec într-un tabel de date experimentale, tabel prevăzut şi pentru prelucrarea datelor prin ultimele două coloane.

TABEL DE DATE EXPERIMENTALE: STUDIUL PÂRGHIILOR						
Nr. det.	b_F	b_R	F	R	F/R	b_R/b_F
1						
2						
3						

Calculând, pentru fiecare determinare, rapoartele F/R şi b_R/b_F, se poate observa, în limita erorilor experimentale, că acestea sunt egale:

$$\frac{F}{R}=\frac{b_R}{b_F} \qquad \text{sau: } F\cdot b_F = R\cdot b_R$$

Raportul forţelor este egal cu raportul invers al braţelor (produsul forţei active cu braţul ei este egal cu produsul forţei rezistente cu braţul corespunzător ei)

Relaţiile din chenar constituie formula fundamentală a pârghiilor ideale. Ea arată că F este cu atât mai mică în raport R cu cât braţul ei este mai mare faţă de braţul forţei rezistente.

7.2.3. Lucrul mecanic la pârghii

Vom compara lucrul mecanic al forţei active L_F cu lucrul mecanic al forţei rezistente L_R (vezi figura 7.6.).

Se vede că triunghiul OAA'este asemenea cu triunghiul OBB'. De aici se poate scrie:

$$\frac{L_F}{L_R}=\frac{F\cdot AA'}{R\cdot BB'}=\frac{F}{R}\cdot\frac{OA}{OB}=$$

$$=\frac{F}{R}\cdot\frac{b_F}{b_R}=\frac{F}{R}\cdot\frac{R}{F}=1$$

$$L_F=L_R$$

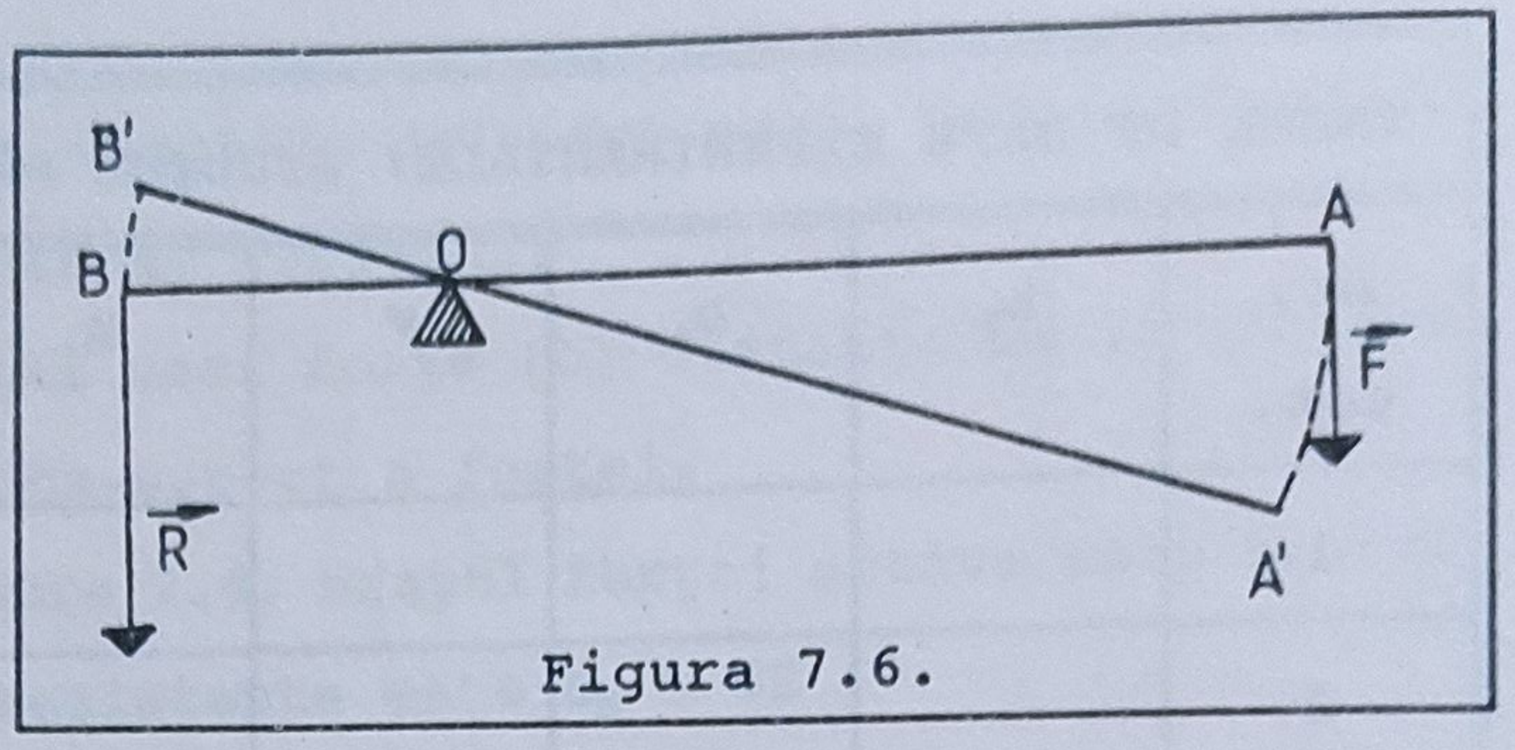


Figura 7.6.

Deci cu pârghia putem obţine un câştig de forţă dar nu putem obţine un câştig de lucru mecanic. Această observaţie foarte importantă este valabilă, după cum vom vedea, pentru toate mecanismele simple.

Pentru pârghiile reale $F_{practic} \geq F_{teoretic}$ întrucât trebuie învinse unele frecări. De asemenea, dacă pârghia nu este perfect rigidă şi se încovoaie uşor, deplasările sunt în relaţia:

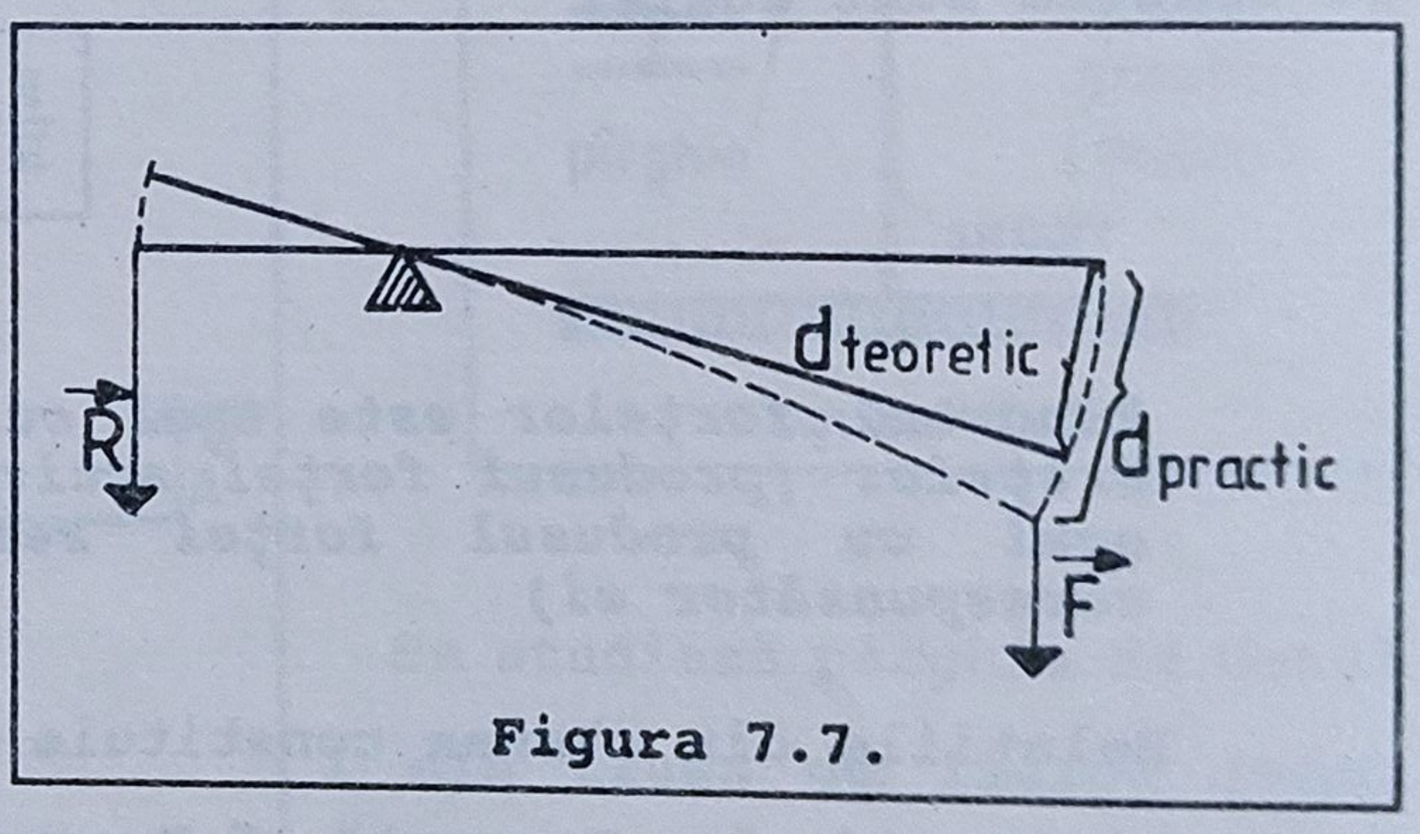


Figura 7.7.

$$d_{practic} > d_{teoretic}.$$

Ambele inegalităţi conduc la concluzia că:

$$L_{Fpractic} \geq L_{Fteoretic} = L_R \quad \text{deci:}$$

$$L_F \geq L_R$$

La pârghii lucrul forţei active este egal sau mai mare decât lucrul forţei rezistente.

7.3. RANDAMENTUL MECANIC

7.3.1. Randamentul pârghiilor

Am văzut că pârghiile pot da un câştig de forţă (F<R) dar niciodată nu dau un câştig de lucru mecanic $L_F \geq L_R$. Aceeaşi observaţie o vom face şi la alte mecanisme simple: lucrul mecanic efectuat prin intermediul unui mecanism este mai mare decât lucrul mecanic pe care ar trebui să-l efectuăm pentru realizarea scopului propus, fără mecanism. Totuşi, dacă forţa cu care acţionăm mecanismul este mai mică decât rezistenţa, din punct de vedere biologic ne vine mai uşor când utilizăm mecanismul respectiv.

Pentru a putea aprecia cât de eficientă este utilizarea unui dispozitiv, se introduce mărimea numită randament mecanic notată cu litera grecească η(eta):

$$\eta = \frac{L_u}{L_c}$$

L_u este lucrul mecanic ce corespunde realizării scopului fără utilizarea dispozitivului (la pârghii acesta este lucrul forţei rezistente L_R); se numeşte lucru mecanic util.

L_c este lucrul mecanic ce corespunde realizării scopului propus prin utilizarea dispozitivului; se numeşte lucru mecanic consumat (la pârghii corespunde lucrului mecanic al forţei active).

Randamentul este o mărime fizică adimensională (nu are unitate de măsură). Cum $L_u < L_c$, avem:

$$\eta \leq 1$$

De multe ori randamentul se indică în procente.

$\eta_\% = \eta \cdot 100$; Ex: $\eta=0,78 \leftrightarrow \eta_\%=78\%$

Observaţie

1. În calcule η trebuie considerat ca fracţiune zecimală. De exemplu, dacă $\eta_\%=92\%$, atunci în problemă vom lua $\eta = 92/100 = 0,92$.
2. Dispozitivul se consideră eficient dacă L_c nu este cu mult mai mare decât L_u, deci dacă randamentul se apropie de unitate (sau de 100%).
3. Pentru pârghii $\eta = L_R / L_F$ şi cauzele principale pentru care acesta nu este egal cu unitatea sunt:
   - frecarea la punctul de sprijin
   - încovoierea uşoară a pârghiei
   - greutatea proprie a pârghiei

7.3.2. Randamentul maşinii „OM"

O fiinţă omenească este (printre altele) un sistem fizic capabil să efectueze lucru mecanic. Când scriem, mergem, sărim, alergăm pe scări, noi deplasăm forţe (pe o anumită distanţă). De fapt noi putem face toate acestea deoarece mâncăm! Când efectuăm un lucru mecanic foarte mare, devenim flămânzi şi simţim nevoia să mâncăm din nou.

Lucrul mecanic pe care îl putem efectua cu 200 g de pâine este de 2 milioane jouli; aceasta se numeşte valoarea energetică a alimentului (noţiunea de energie va fi studiată mai târziu). Dacă organismul vostru ar avea randamentul de 100%, după ce aţi mâncat bucata de pâine aţi putea să vă deplasaţi aproximativ 4000 m (4000m x 500N = 2MJ). De fapt,

energia din alimentele pe care le mâncăm este folosită în două scopuri (fig. 7.8.): o parte a sa se transformă în lucru mecanic, iar o parte în căldură (menţine o temperatură constantă a corpului).

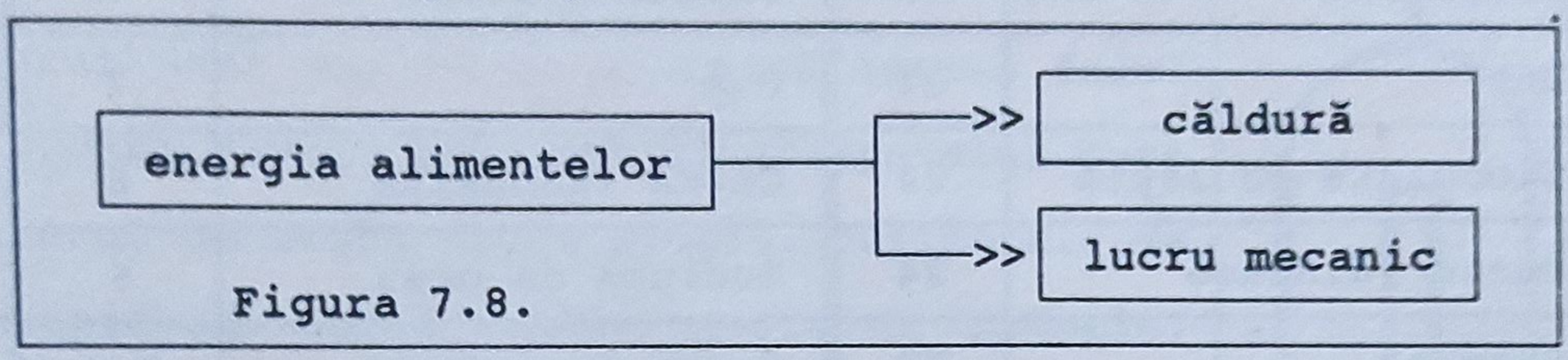


Figura 7.8.

Instrucţiuni

1. Aţi evaluat puterea voastră atunci când alergaţi pe scări(vezi fig. 6.4). Utilizaţi rezultatele acestui experiment al vostru pentru a estima de câtă energie aveţi nevoie dacă v-aţi petrece o zi întreagă alergând pe scări (nu încercaţi să includeţi şi energia necesară încălzirii corpului).
2. Comparaţi această valoare cu valoarea energiei alimentelor pe care le mâncaţi. Notaţi mai jos ce alimente mâncaţi într-o zi obişnuită şi utilizaţi informaţiile ulterioare pentru a calcula valoarea energiei alimentelor pe care le mâncaţi într-o zi.
3. Calculaţi puterea voastră medie în decursul unei zile (valoarea energiei alimentelor împărţite la timp).
4. Când dormiţi, voi continuaţi să vă utilizaţi energia obţinută din alimente cu o putere de aproximativ 70W. Deci aveţi nevoie de o energie de 70J în fiecare secundă doar pentru a rămâne în viaţă. Calculaţi de câţi jouli aveţi nevoie "doar pentru a rămâne în viaţă" timp de 24 ore. Puteţi găsi un mod de a utiliza acest rezultat pentru a evalua randamentul corpului uman?

APORTUL ENERGETIC AL ALIMENTELOR

Alimentul	MJ/kg	Alimentul	MJ/kg
Margarină	32	Smântână slabă	8
Unt	31	Ouă	7
Ciocolată cu lapte	24	Carne înăbuşită	6
Paste făinoase	24	Budincă de orez	6
Slănină	20	Carne la grătar	5,4
Smântână grasă	19	Fasole la cuptor	4
Brânză	18	Cartofi	3
Îngheţată	17	Lapte	2,8
Zahăr	16	Fasole verde	2,8
Fulgi de porumb	16	Mazăre	2,2
Prăjituri cu fructe	15	Portocale	1,5
Sardine	14	Mere	1,5
Carne uşoară	14	Capşuni	1
Cârnaţi prăjiţi	14	Morcovi	1
Friptură de vacă	12	Roşii	0,6
Pulpă de miel	12	Salată verde	0,5
Ficat	12	Varză fiartă	0,4
Dulceaţă	11	Bere	0,75
Pâine	10	Cafea neândulcită	0
Peşte prăjit	9	Ceai neândulcit	0
Pui	8,5	Apă	0

7.4. STUDIUL SCRIPEŢILOR

Un scripete este o roată care prezintă un şanţ pe muchie şi care se poate roti în jurul unui ax, ce se sprijină într-o furcă (figura 7.9.). Prin şanţul scripetelui este trecut un cablu sau o sfoară. Scripetele se consideră ideal când greutatea proprie, greutatea cablului şi frecarea la ax sunt neglijabile. Există mai multe moduri de a utiliza scripeţii: câte unul (fix sau mobil) şi în sisteme de doi sau mai mulţi scripeţi.

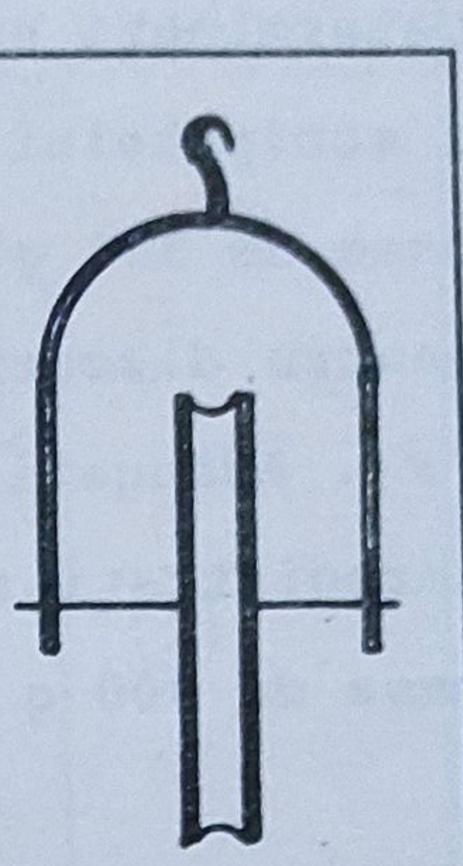


Figura 7.9.

7.4.1. Experimente cu scripeţi

Ca şi pârghia, scripetele este un mecanism pe care îl puteţi folosi pentru a mişca o forţă întrebuinţând o altă forţă. Puteţi efectua următorul experiment doar dacă în laboratorul şcolii se află scripeţi şi laborantul sau profesorul au pregătit diferite aranjamente de scripeţi (figura 7.10.). Veţi încerca să aflaţi cât de mare este forţa necesară pentru a mişca o forţă de 3N întrebuinţând diferite aranjamente de scripeţi. Vom numi această forţă pe care încercăm să o mişcăm FORŢA DE REZISTENŢĂ ($\vec{R}$) iar forţa cu care acţionăm o vom numi FORŢĂ ACTIVĂ ($\vec{F}$) - la fel ca la pârghii.

Măsurarea forţei active (F)

Fiecare aranjament de scripeţi (figura 7.10) are o masă de 300g suspendată de el. Iniţial această masă se află

în repaus pe o suprafaţă orizontală. Cu fiecare aranjament de scripeţi primul lucru pe care trebuie să-l faceţi este să determinaţi numărul de fire ataşate de roata cea mai de jos a scripetelui. Acesta este numărul de fire care va susţine masa de 300 g. Există deasemenea un singur fir cu un suport pentru discuri legat de el. Aici veţi aplica FORŢA ACTIVĂ ($\vec{F}$). Adăugaţi mase de 10 g, una câte una, pe firul izolat. Înregistraţi mărimea masei de pe firul izolat atunci când masa de 300 g începe să se ridice de pe suprafaţă.

Măsurarea distanţelor parcurse de fiecare forţă

Ţineţi o riglă în poziţie verticală în apropierea masei de 300 g în timp ce un prieten ţine o altă riglă în poziţie verticală lângă firul pe care acţionează forţa activă. Acum puteţi măsura distanţa parcursă de fiecare forţă. Rugaţi-l pe prietenul vostru să tragă încet de fir şi să măsoare distanţa pe care o parcurge suportul pentru discuri, în timp ce voi măsuraţi deplasarea cu 4 cm a masei de 300 g. Distanţele parcurse de cele 2 forţe le vom denumi x_F şi x_R (x_R = 4 cm).

Calculaţi numărul de cm pe care se deplasează punctul de aplicaţie al forţei F pentru fiecare cm parcurs de punctul de aplicaţie al lui R, sau raportul: x_F/x_R.

Calcule şi concluzii

La fiecare scripete observaţi ceva în legătură cu x_F / x_R şi numărul de fire? Ce observaţi în legătură cu valoarea lui F atunci când există mai multe fire?

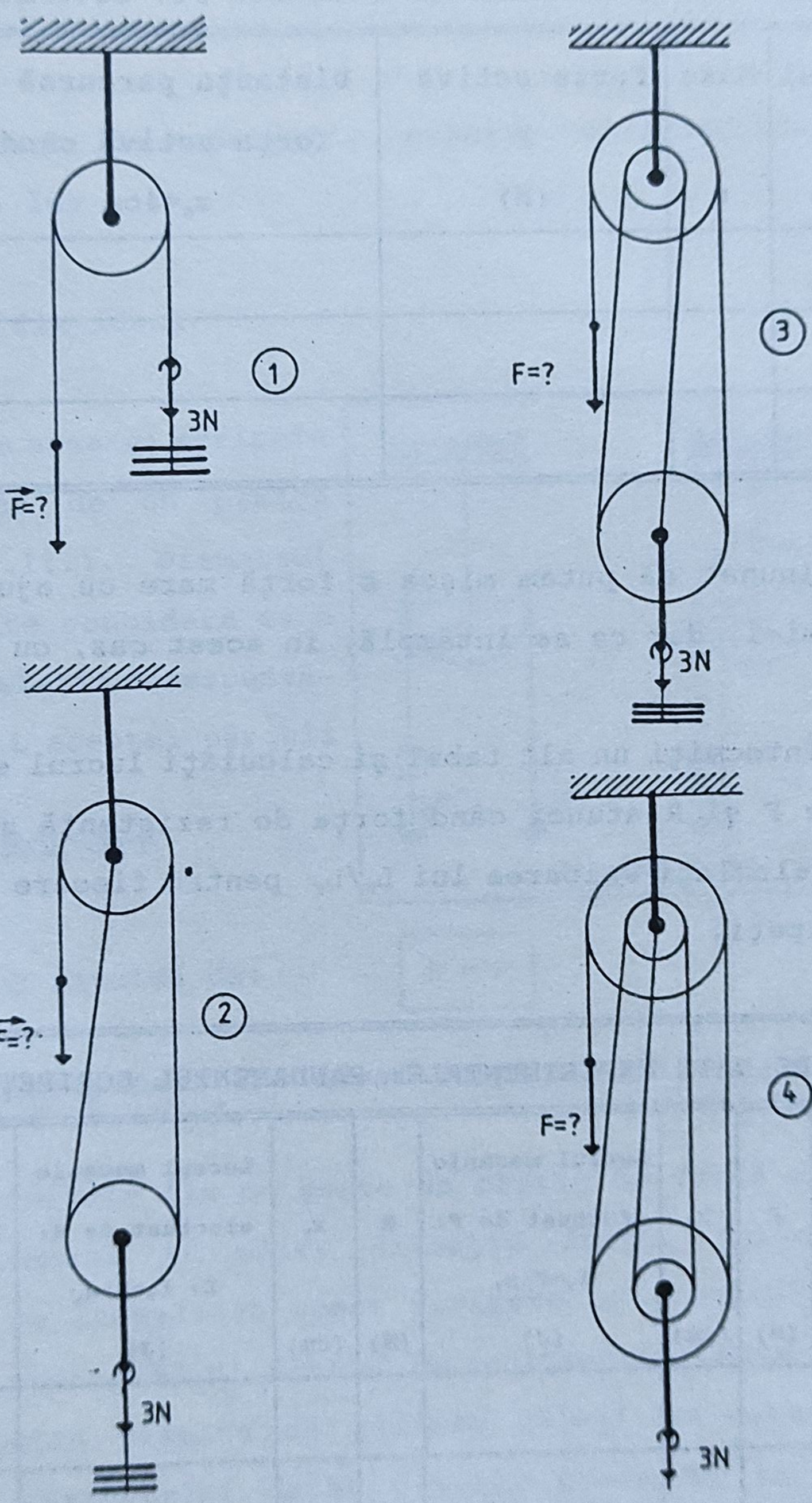


Figura 7.10.

TABEL DE DATE EXPERIMENTALE:

RELAŢIA DINTRE DEPLASĂRILE FORŢELOR PT. DIVERŞI SCRIPEŢI

Numărul de fire	Masa m	Forţa activă F (N)	Distanţa parcursă de forţa activă când x_R=4cm	x_r / x_R

Este minunat să putem mişca o forţă mare cu ajutorul unei forţe mici, dar ce se întâmplă, în acest caz, cu deplasarea ei?

Întocmiţi un alt tabel şi calculaţi lucrul efectuat de forţele F şi R atunci când forţa de rezistenţă se mişcă cu 4cm. Calculaţi valoarea lui L_R/L_F pentru fiecare aranjament de scripeţi.

TABEL DE DATE EXPERIMENTALE: RANDAMENTUL SCRIPEŢILOR

Numărul de fire	F (N)	x_r (cm)	Lucrul mecanic efectuat de F: $L_r=F\cdot x_r$ (J)	R (N)	x_R (cm)	Lucrul mecanic efectuat de R: $L_R=F\cdot x_R$ (J)	Randamentul $\eta=L_R/L_r$

Într-o lume perfectă (cu scripeţi ideali) L_r ar fi întotdeauna egal cu L_R. De ce în realitate L_r este puţin mai mare ca L_R?

7.4.2. Tipuri de scripeţi, relaţii caracteristice şi randamentul lor

Scripetele fix ideal

Furca acestui scripete este prinsă de un plafon (figura 7.11.). Diametrul OAB se poate considera ca o pârghie. Relaţia corespunzătoare legii acestei pârghii se scrie:

$$R \cdot \overline{OA} = \overline{OA} \cdot F$$

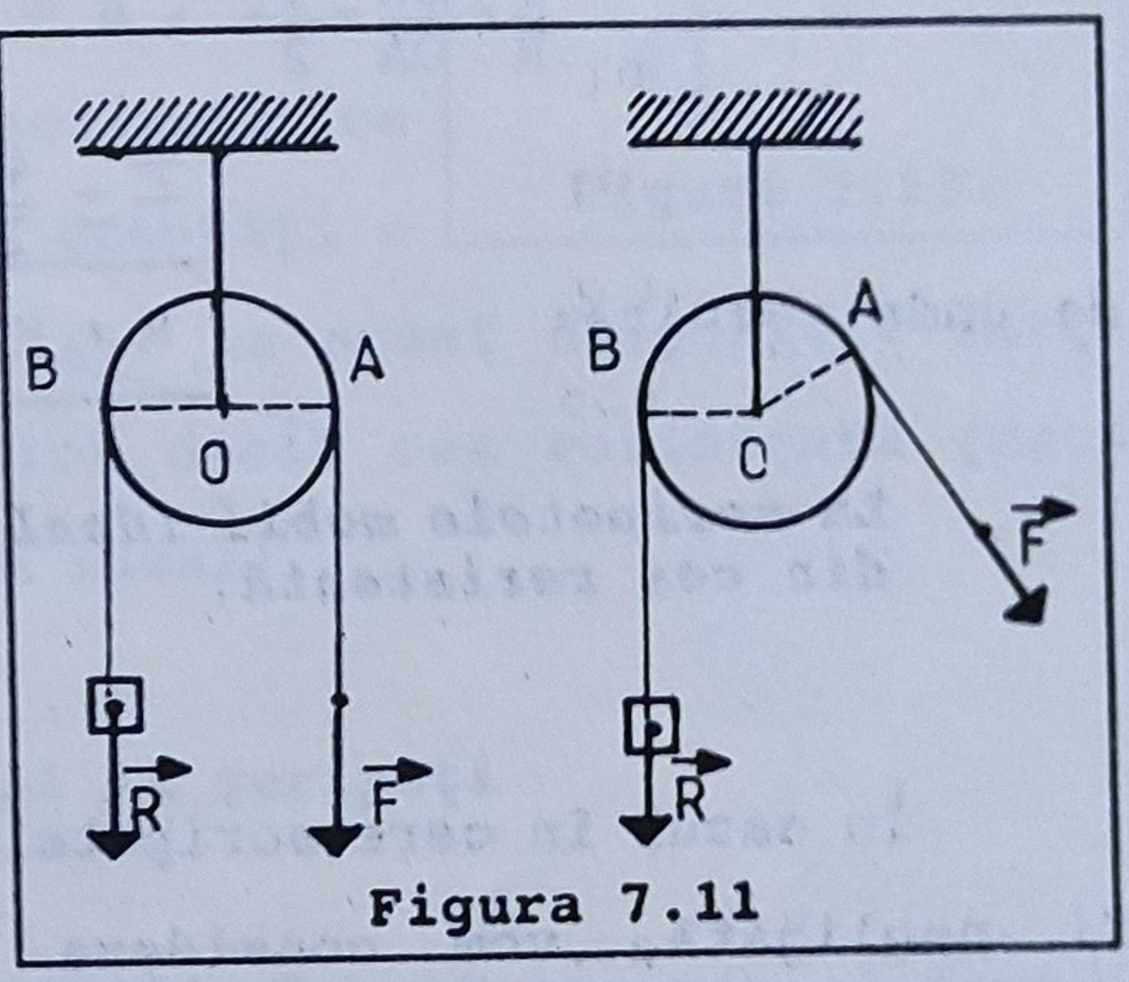


Figura 7.11

Cum $\overline{OA} = \overline{OB}$ rezultă că:

$$R = F$$

La scripetele fix ideal forţa activă este egală cu cea rezistentă.

Scripetele fix nu poate da câştig de forţă dar poate schimba sensul şi chiar direcţia forţei aplicate. De exemplu, se instalează acest scripete pe planşeul cel mai înalt al unei clădiri aflate în construcţie; este mai uşor şi mai puţin riscant de ridicat găleţi cu materiale cu ajutorul scripetelui decât direct, trase de la marginea planşeului de către muncitori.

Scripetele mobil

Scripetele mobil (figura 7.12.) dă un câştig în ceea ce priveşte forţa; el nu schimbă însă sensul în care trebuie acţionat pentru învingerea rezistenţei. Considerând diametrul OAB ca pârghie putem scrie:

$$\frac{F}{R} = \frac{OB}{OA} = \frac{1}{2}$$

$$F = \frac{1}{2}R$$

de unde rezultă:

$$R = F/2$$

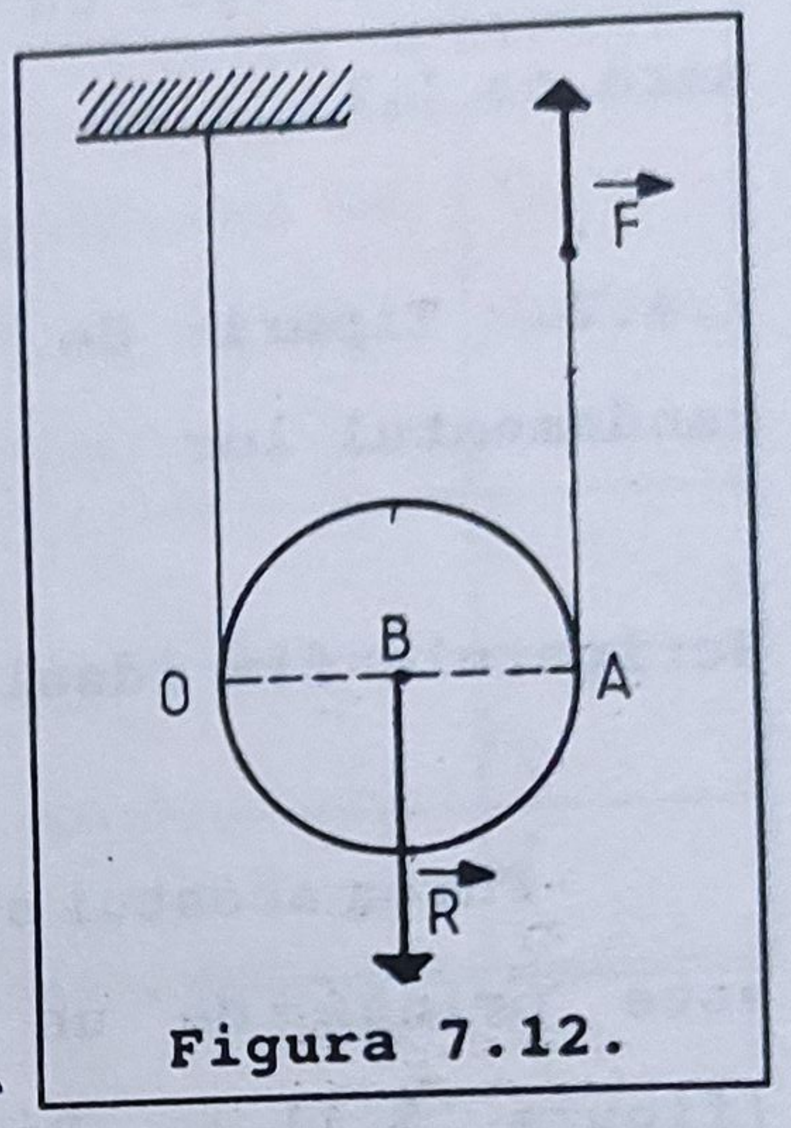


Figura 7.12.

La scripetele mobil ideal, forţa activă este jumătate din cea rezistentă.

În cazul în care scripetele are o greutate ce nu poate fi neglijată, vom considera ca forţă rezistentă suma greutăţilor - cea a corpului ce este ridicat de scripete şi cea proprie scripetelui.

Scripeţi compuşi

Cel mai simplu scripete compus poate fi obţinut prin asocierea unui scripete fix cu unul mobil (figura 7.13.). Se obţine un ansamblu la care se îmbină avantajele scripetelui mobil cu ale celui fix: pentru învingerea rezistenţei putem obţine câştig de forţă dar şi schimbarea direcţiei de acţiune. Pentru a arăta acest lucru să presupunem că firul se taie în punctul A şi cele două capete se înoadă. Între

cele două porţiuni de fir se exercită forţe de tip acţiune-reacţiune. Astfel $\vec{F}_1$ acţionează asupra porţiunii de sus a firului şi reprezintă forţa rezistentă pentru scripetele fix, iar $\vec{F}_2$ reprezintă forţa activă ce acţionează asupra firului trecut pe după scripete mobil.

Deci: $F = F_1$; $F_2 = R/2$; $F_1 = F_2$

relaţii din care rezultă: $F = R / 2$

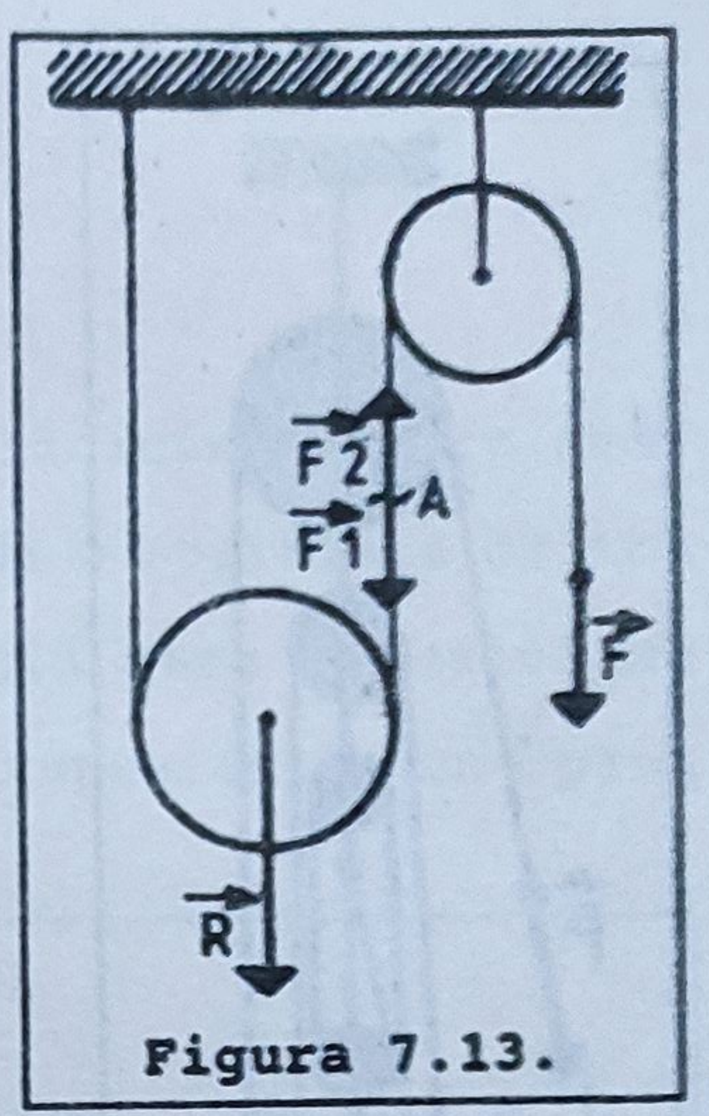


Figura 7.13.

O altă asociere de scripeţi ce uşurează mult ridicarea unor greutăţi o constituie cea din figura 7.14. La acest dispozitiv forţa activă este de 8 ori mai mică decât cea rezistentă (dacă considerăm sistemul ca fiind ideal).

Lucrul mecanic şi randamentul la scripeţi

În cazul scripeţilor ideali, lucrul mecanic al forţei active este egal cu lucrul mecanic al forţei rezistente.

La scripetele fix $F = R$ iar deplasările punctelor lor de aplicaţie (care coincid cu capetele firului) sunt egale dacă firul este inextensibil:

$L_F = F \cdot \Delta d_F$; $L_R = R \cdot \Delta d_R$ de unde rezultă: $L_F = L_R$

Dacă intervin frecări $F > R$, iar dacă firul este extensibil $\Delta d_F > \Delta d_R$; în ambele cazuri $L_F > L_R$. Deci:

$$\eta = \frac{L_R}{L_F} \leq 1$$

La scripetele mobil ideal deplasarea punctului de aplicaţie al forţei active este dublă faţă de deplasarea forţei rezistente.

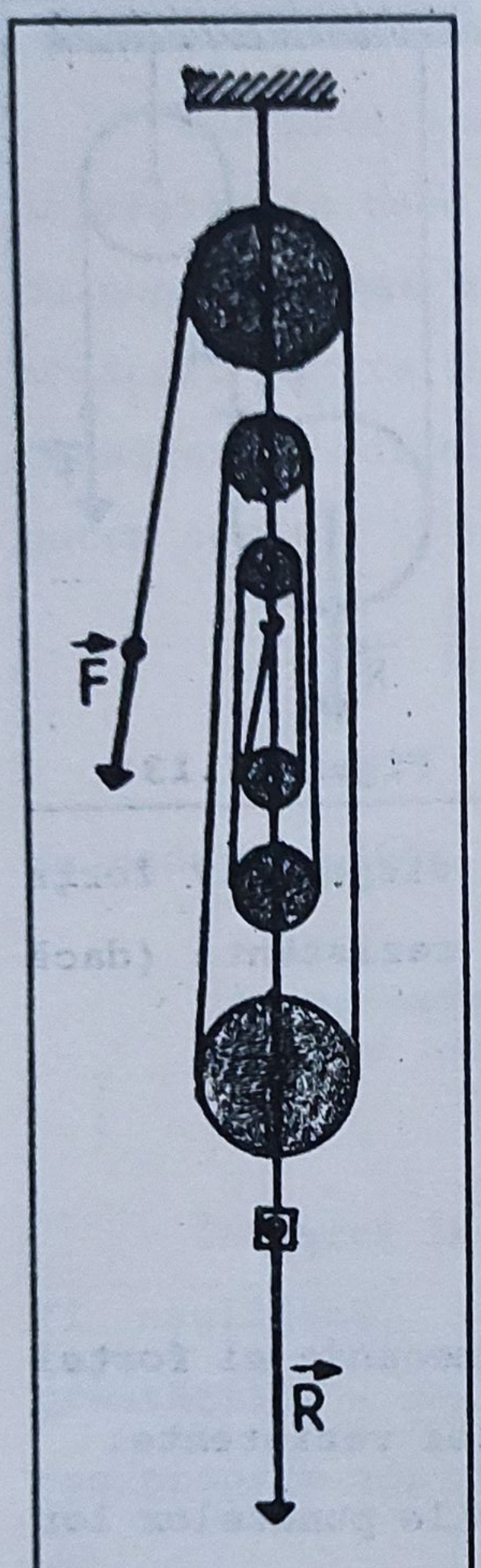


Figura 7.14.

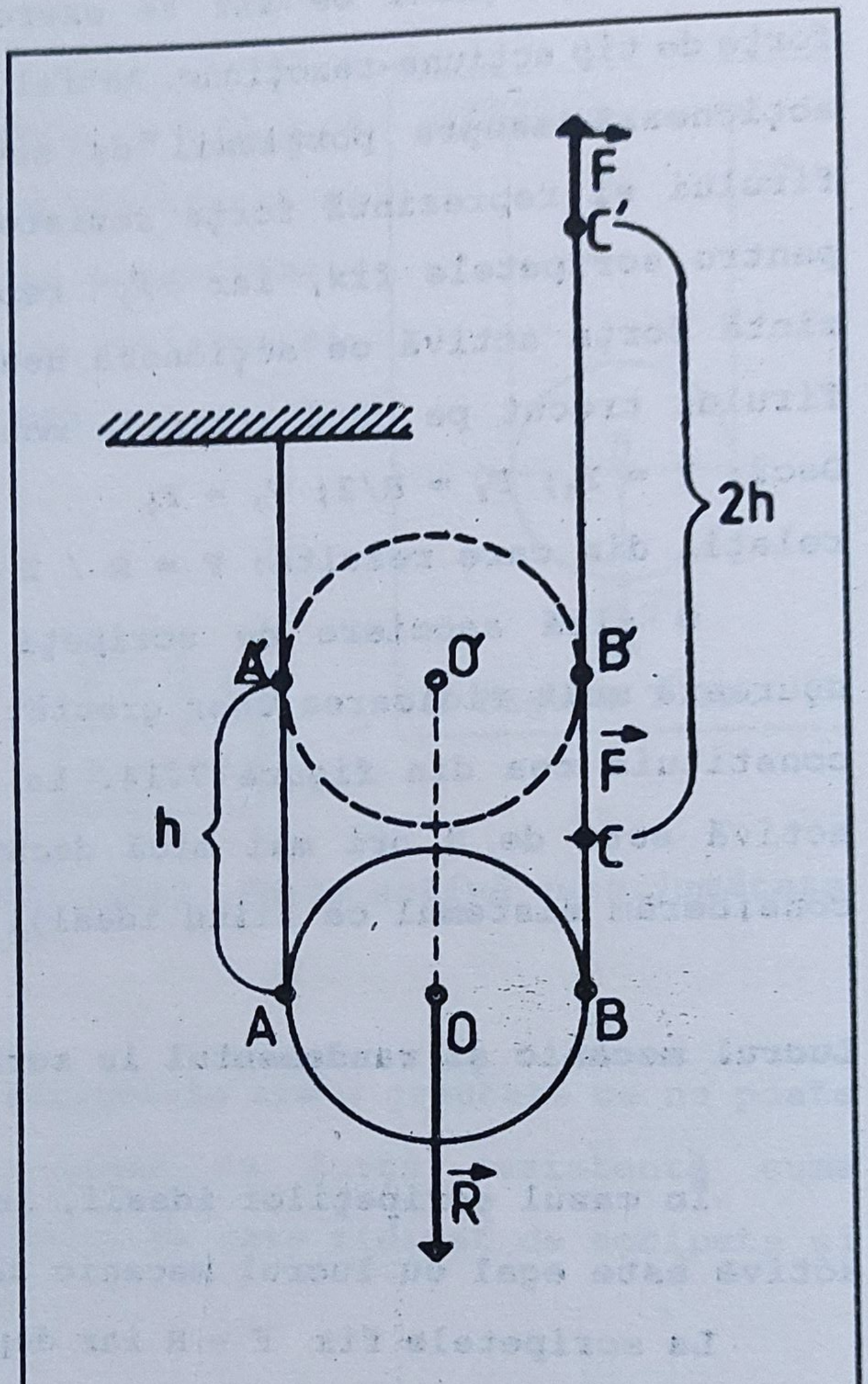


Figura 7.15.

În adevăr (figura 7.15.) porţiunile de fir AA' şi BB' dispar când scripetele are o înălţime egală cu h; aceste porţiuni le regăsim în avansul CC' al capătului firului. Deci:

$$L_F = 2h \cdot F = 2h \cdot R/2 = h \cdot R = L_R \ .$$

Cînd scripetele nu este ideal, $F > R/2$ şi $L_F > L_R$.

$$\eta = \frac{L_R}{L_F} \leq 1$$

7.5. PLANUL ÎNCLINAT

7.5.1. Prezentare teoretică

S-a observat că este mai uşor să ridicăm un corp greu la o anumită înălţime dacă îl deplasăm pe o suprafaţă oblică şi nu direct pe verticală. Un plan rigid care formează un unghi ascuţit cu planul orizontal reprezintă un plan înclinat.

Considerăm un corp ridicat uniform pe un plan înclinat care face unghiul α cu planul orizontal. Pentru aceasta corpul este tras de forţa $\vec{F}$ paralelă cu planul înclinat. Asupra corpului mai acţionează: greutatea $\vec{G}$ verticală şi forţa de reacţiune $\vec{N}$ care este normală pe plan (figura 7.16.). Forţa de frecare se neglijează. Mişcarea corpului se face după direcţia AB.

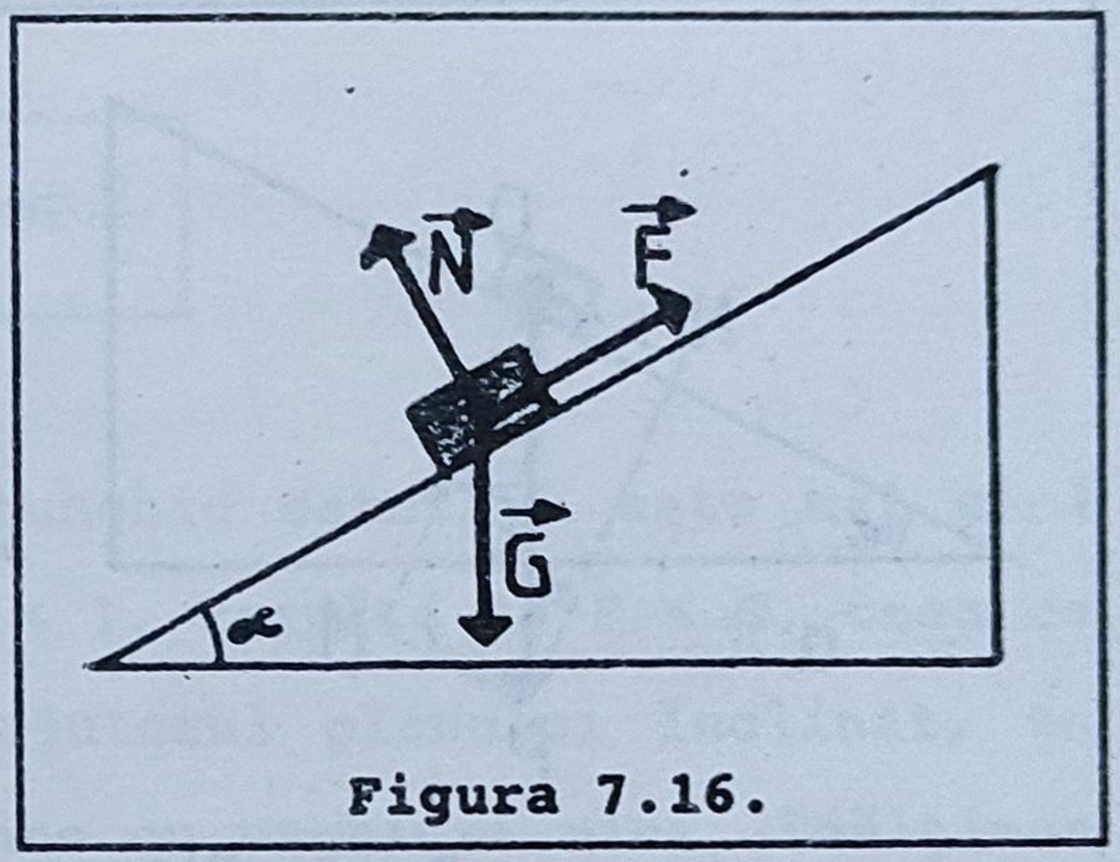


Figura 7.16.

Pentru a înţelege mai clar rolul fiecărei forţe este bine să lucrăm numai cu forţe ce acţionează fie în lungul planului, fie perpendicular pe plan. Astfel, vom duce prin originea O şi prin vârful P al greutăţii paralele la direcţiile dorite (figura 7.17.a.)

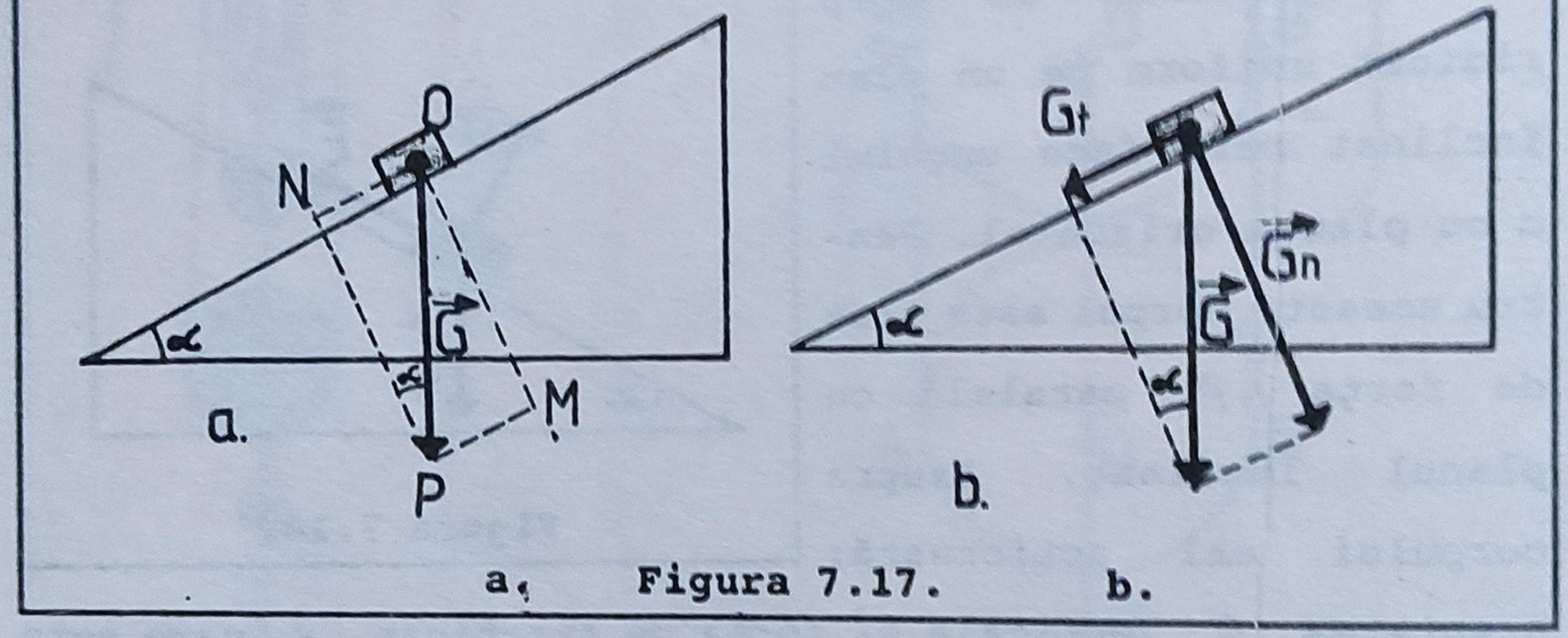
Se formează un paralelogram în care $\vec{G}$ apare ca diagonală. Transformăm laturile ON şi OM în vectori notaţi $\vec{G}_t$ şi $\vec{G}_n$ (figura 7.17.b.). Evident că (după regula paralelogramului) este îndeplinită relaţia: $\vec{G} = \vec{G}_n + \vec{G}_t$. În locul greutăţii $\vec{G}$ vom lucra cu cei doi vectori $\vec{G}_n$

(componenta greutăţii normală pe plan) şi $\vec{G}_t$ (componenta greutăţii paralelă cu planul - numită şi componentă tangenţială a greutăţii).

Să calculăm modulul acestor componente. Unghiul NPO este congruent cu unghiul α al planului, având laturi perpendiculare. Triunghiul ONP este dreptunghic, deci avem:

$\sin\alpha = G_t/G$; $\cos\alpha = G_n/G$; rezultă:

$$G_t = G\cdot\sin\alpha \;;\; G_n = G\cdot\cos\alpha$$



a. Figura 7.17. b.

Revenind la problema iniţială, vom considera (vezi fig. 7.18.) că asupra corpului ridicat uniform pe plan acţionează forţele: $\vec{F}$, $\vec{N}$, $\vec{G}_n$ şi $\vec{G}_t$, a căror rezultantă este nulă: $\vec{F} + \vec{N} + \vec{G}_n + \vec{G}_t = 0$

Întrucât corpul nu părăseşte suprafaţa planului înclinat, componenta normală a greutăţii $\vec{G}_n$ şi forţa de reacţiune $\vec{N}$ îşi fac echilibru:

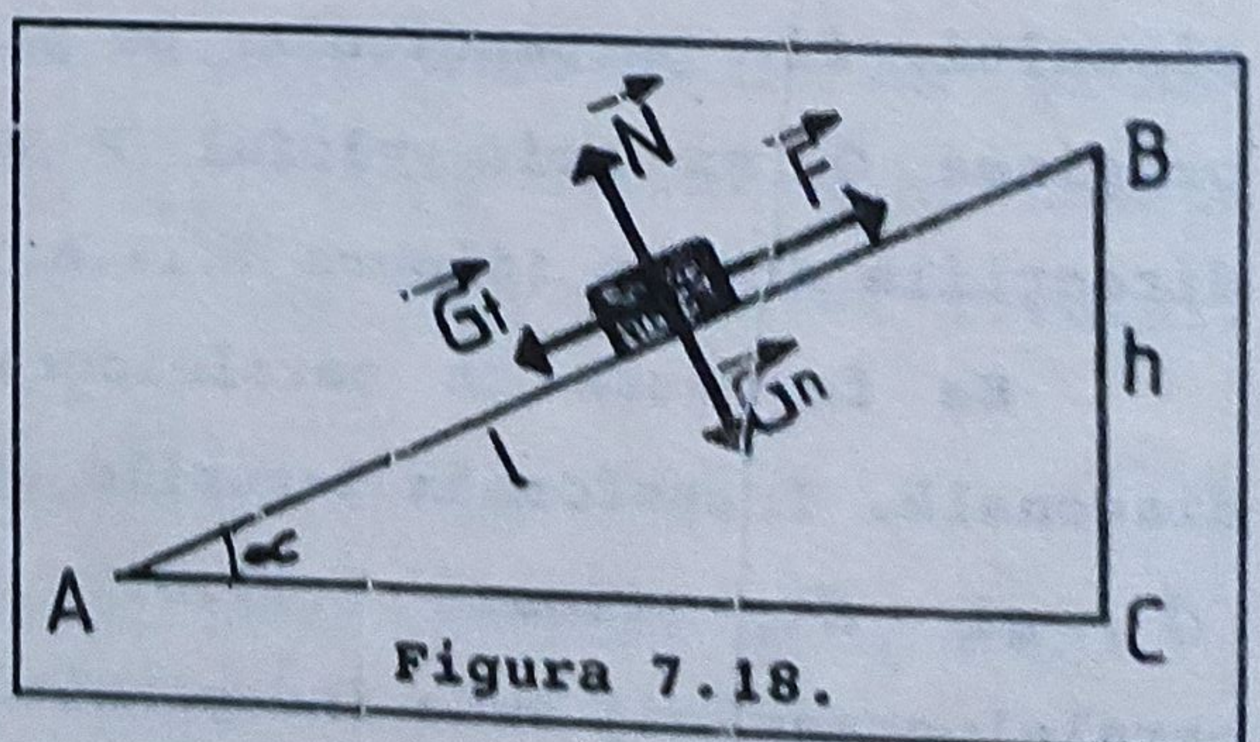


Figura 7.18.

$$\vec{N} + \vec{G}_n = 0 \text{ (ca modul } N = G_n)$$

Rămâne deci ca forţa $\vec{F}$ să echilibreze separat componenta tangenţială a greutăţii:

$$\vec{F} + \vec{G}_t = 0 \qquad F = G_t = G \cdot \sin \alpha$$

Lungimea planului, AB, se notează cu l iar înălţimea planului, BC, cu h. Din triunghiul ABC putem scrie:

$$\sin \alpha = BC/AB = h/l$$

Forţa F, necesară ridicării uniforme a corpului pe plan, are deci valoarea:

$$\boxed{F = G \cdot \frac{h}{l}}$$

Într-un triunghi dreptunghic cateta h este mai mică decât ipotenuza l, deci $h/l < 1$. Rezultă că $F < G$, ceea ce arată că putem obţine, cu ajutorul planului înclinat, un câştig de forţă. Alegând plane cu unghiuri mici, înălţimea planului poate deveni de 10 - 20 de ori mai mică decât lungimea acestuia, deci şi forţa F va putea fi de 10 - 20 de ori mai mică decât greutatea. Pentru frecări neglijabile, relaţia fundamentală a planului înclinat se enunţă:

Forţa necesară ridicării uniforme a unui corp pe planul înclinat ideal este de atâtea ori mai mică decât greutatea corpului G, de câte ori înălţimea h este mai mică decât lungimea l a planului înclinat.

Din relaţia dedusă rezultă:

$$F \cdot l = G \cdot h \qquad \text{adică:} \qquad L_r = L_c$$

Deci cu ajutorul planului înclinat se poate obţine câştig de forţă, dar nu şi de lucru mecanic.

Randamentul planului înclinat

Să presupunem acum că intervine şi frecarea corpului pe plan. La urcarea acestuia forţa de frecare este orientată în jos, după direcţia planului (figura 7.19.).

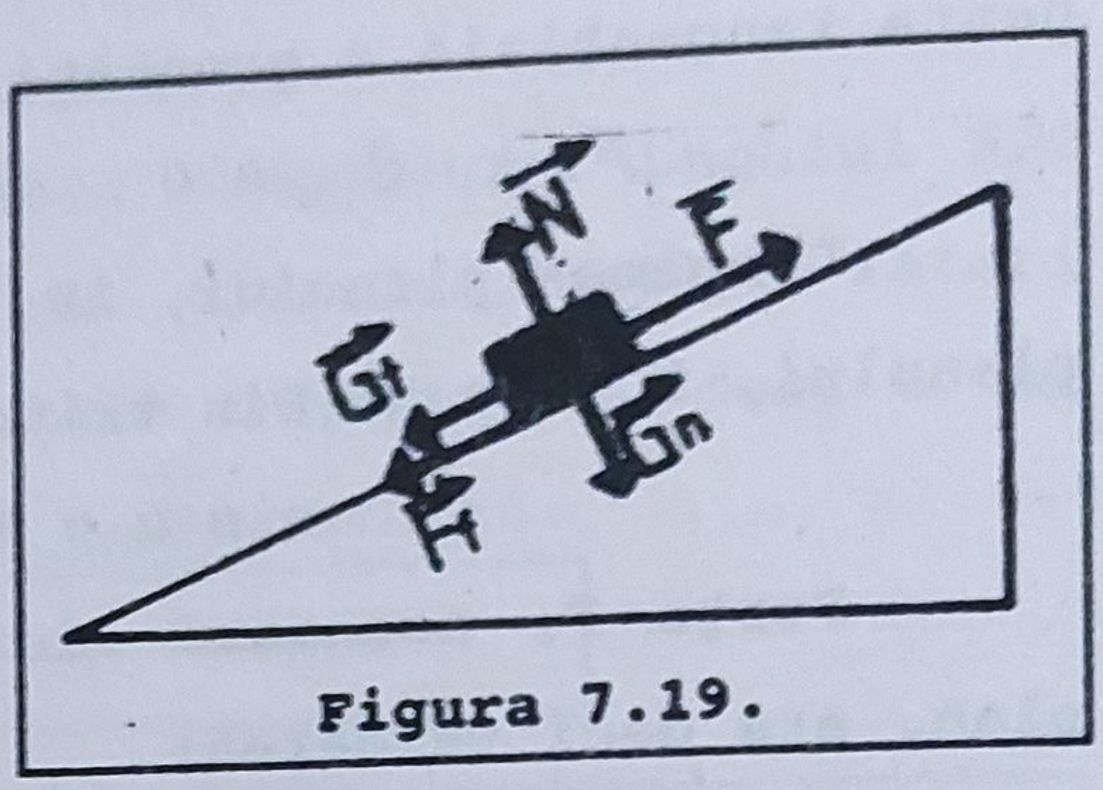


Figura 7.19.

În consecinţă, forţa F trebuie să învingă, nu numai componenta tangenţială a greutăţii, ci şi forţa de frecare:

$$F = G_t + F_f = mg \cdot \sin\alpha + F_f$$

După legea frecării, forţa de frecare se poate scrie:

$$F_f = \mu N = \mu G_n = \mu\, m \cdot g \cdot \cos\alpha$$

Forţa de tracţiune are atunci expresia:

$$F = m \cdot g \cdot \sin\alpha + \mu\, m \cdot g \cdot \cos\alpha = m \cdot g(\sin\alpha + \mu \cdot \cos\alpha)$$

Randamentul planului trebuie definit ca raportul dintre lucrul util (ridicarea unui corp de greutate G la înălţimea h) şi lucrul consumat (deplasarea corpului pe o porţiune de lungime l de către forţa F).

$$\eta = \frac{L_u}{L_c} = \frac{G \cdot h}{F \cdot l} = \frac{G}{F}\sin\alpha = \frac{m \cdot g \cdot \sin\alpha}{m \cdot g(\sin\alpha + \mu \cdot \cos\alpha)} = \frac{\sin\alpha}{\sin\alpha + \mu \cdot \cos\alpha}$$

Dacă lipseşte frecarea $\mu = 0$ atunci $\eta = 1$, iar dacă avem frecare numitorul fracţiei este mai mare ca numărătorul şi atunci randamentul este strict subunitar.

În urma studiului mecanismelor simple, putem concluziona că randamentul acestora este totdeauna subunitar. Cu

cât acesta se apropie mai mult de unitate, cu atât dispozitivul funcţionează cu pierderi mai mici. Pierderile, care s-ar putea măsura prin diferenţa dintre lucrul mecanic consumat şi cel util, se datorează frecărilor, greutăţii proprii a dispozitivelor, deformărilor, ca şi altor cauze.

7.5.2. Determinarea randamentului unui plan înclinat

Primul experiment - acomodarea cu instalaţia

Aranjaţi un plan înclinat (figura 7.20.) şi folosiţi un dinamometru pentru a trage uniform un corp în sus, paralel cu planul. Măsuraţi forţa de tracţiune şi greutatea corpului. Măsuraţi şi deplasarea forţei de tracţiune (distanţa pe care se mişcă corpul de-a lungul planului) şi deplasarea greutăţii (înălţimea la care am ridicat corpul).

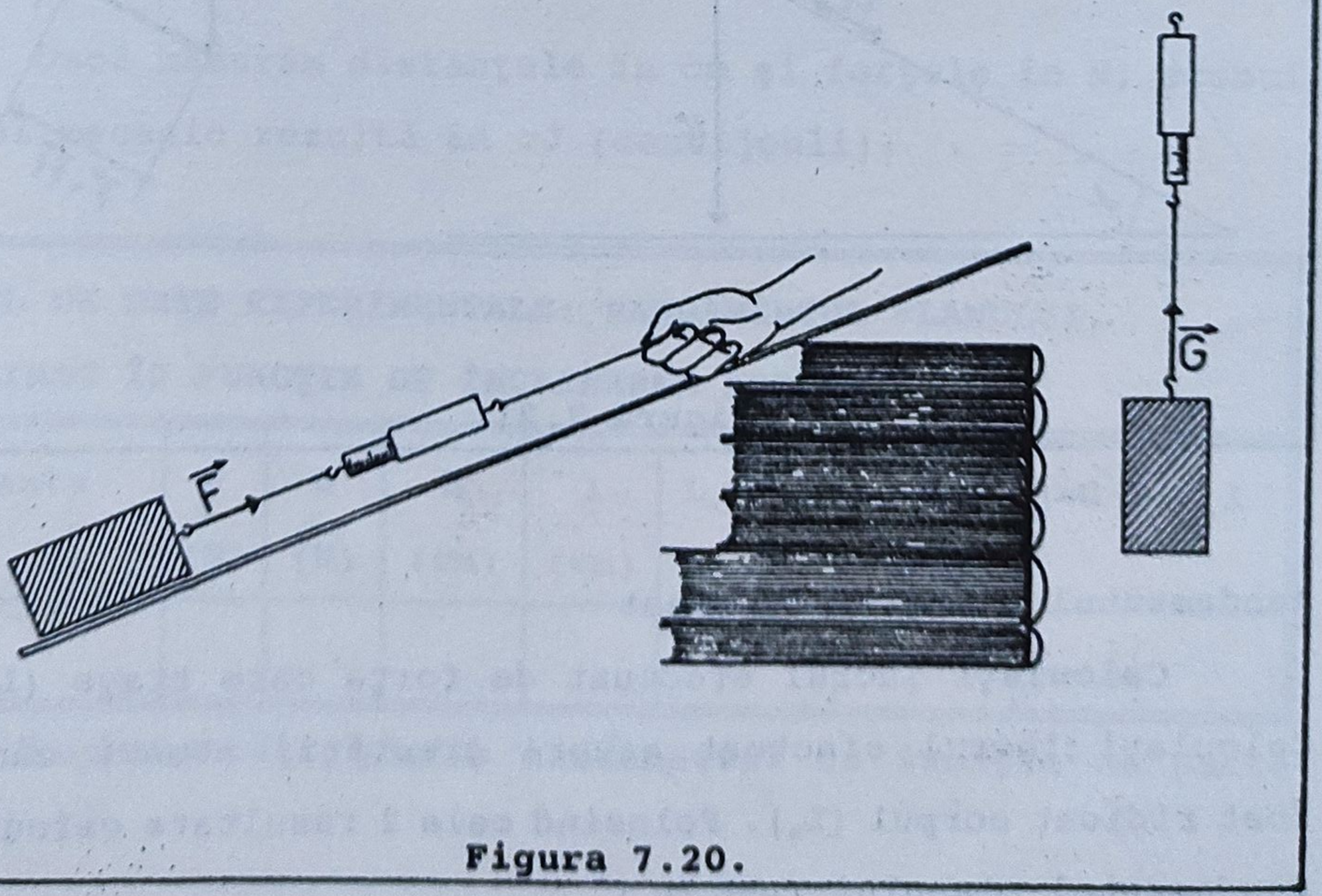


Figura 7.20.

Măsurarea forţei care trage corpul

Trageţi corpul cu o viteză constantă măsurând forţa de tracţiune. Faceţi încercări pentru diferite viteze constante. Scrieţi valorile forţei de tracţiune şi faceţi media lor. La urcarea uniformă a corpului pe plan, forţele îşi fac echilibru:

$$\vec{G}+\vec{F}+\vec{F}_f+\vec{N}=0$$

Urmăriţi în figura 7.21. compunerea acestor forţe după regula poliganului.

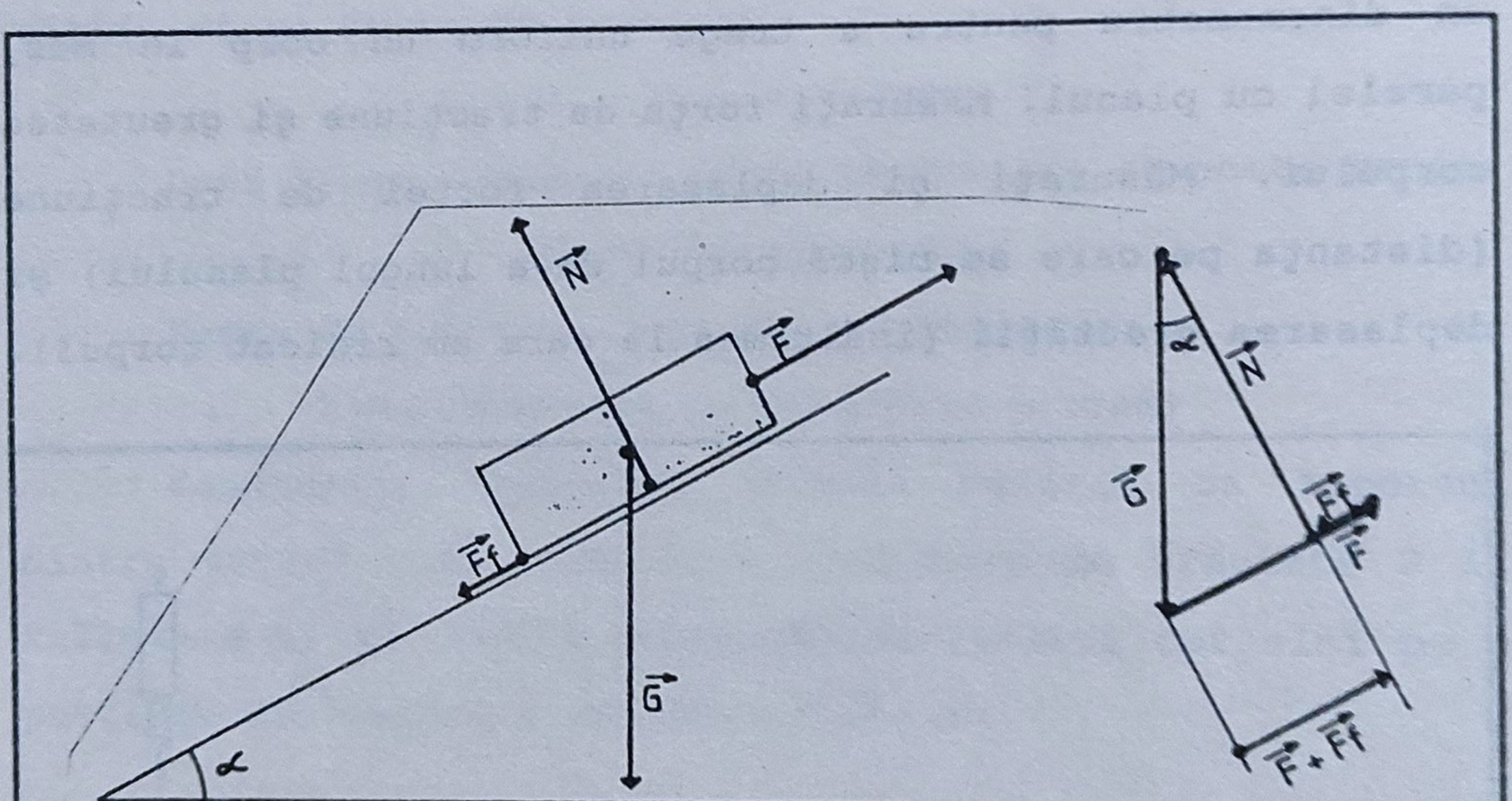


Figura 7.21.

Randamentul planului înclinat

Calculaţi lucrul efectuat de forţa care trage (L_c). Calculaţi lucrul efectuat asupra greutăţii atunci când a fost ridicat corpul (L_u). Folosind cele 2 rezultate calculaţi randamentul planului ($\eta=L_u/L_c$).

Încercaţi să găsiţi o modalitate de a creşte randamentul (cu acelaşi plan şi acelaşi corp care se mişcă în susul lui).

Măsuraţi din nou randamentul pentru a vedea cât de bună a fost ideea voastră.

Dependenţa randamentului de înclinarea planului

Repetaţi experimentul cu planul la diferite unghiuri faţă de orizontală (dar trageţi acelaşi corp în sus pe plan de fiecare dată). Faceţi graficul randamentului funcţie de unghiul planului sau de înclinarea acestuia.

Panta unui plan înclinat

Panta unui plan înclinat, în procente, înseamnă numărul de metri urcaţi raportaţi la numărul de metri parcurşi pe oblică, înmulţit cu 100. De exemplu, o pantă de 10% înseamnă 10m urcaţi pe verticală la un drum parcurs pe oblică de 100m.

Dacă măsurăm distanţele în cm şi forţele în N, atunci lucrul mecanic rezultă în cJ (centijouli).

TABEL DE DATE EXPERIMENTALE: RANDAMENTUL PLANULUI ÎNCLINAT ÎN FUNCŢIE DE ÎNCLINAREA ACESTUIA

Panta	F (N)	G (N)	h (cm)	l (cm)	$L_c=F\cdot l$ (cJ)	$L_u=G\cdot h$ (cJ)	$\eta=G\cdot h/F\cdot l$

Reprezentaţi grafic randamentul ca funcţie de panta planului.

Întrebări

1. Imaginaţi-vă că vreţi să împingeţi o maşină stricată spre vârful unui deal. Dacă există două drumuri, care sunt avantajele şi dezavantajele în a împinge maşina de-a lungul drumului mai scurt?
2. În majoritatea blocurilor există două feluri de a ajunge la etajele superioare. De ce scările merg oblic, iar lifturile direct în sus? (Care este sursa care asigură forţa activă în fiecare caz?)

8. ENERGIA MECANICĂ

8.1. UTILIZAREA LUCRULUI MECANIC PENTRU SCHIMBAREA STĂRII DE MIŞCARE A CORPURILOR

Când o forţă efectuează lucru mecanic se pot produce următoarele fenomene:

1. Dacă lucrul mecanic este efectuat pentru învingerea frecărilor, atunci corpurile se încălzesc (de exemplu, frecarea mâinilor una de alta).
2. Lucrul mecanic efectuat poate schimba forma unui corp; de exemplu, când două maşini se ciocnesc, forţele de contact dintre maşini efectuează lucru mecanic pentru schimbarea formei maşinilor.
3. Lucrul mecanic efectuat poate face ca un corp să se mişte mai repede sau mai încet; de exemplu, lucrul mecanic efectuat de forţa care frânează maşina (când un şofer pune piciorul pe pedala de frână) încetineşte maşina iar lucrul mecanic efectuat de forţa de tracţiune (când şoferul apasă pedala de acceleraţie) conduce la creşterea vitezei ei.

Veţi efectua un experiment pentru a vedea ce viteze capătă un corp când se efectuează asupra lui lucruri mecanice diferite.

Veţi da drumul unei monezi să se rostogolească pe un plan înclinat şi veţi măsura viteza când aceasta ajunge pe planul orizontal de la baza planului înclinat (fig. 8.1.).

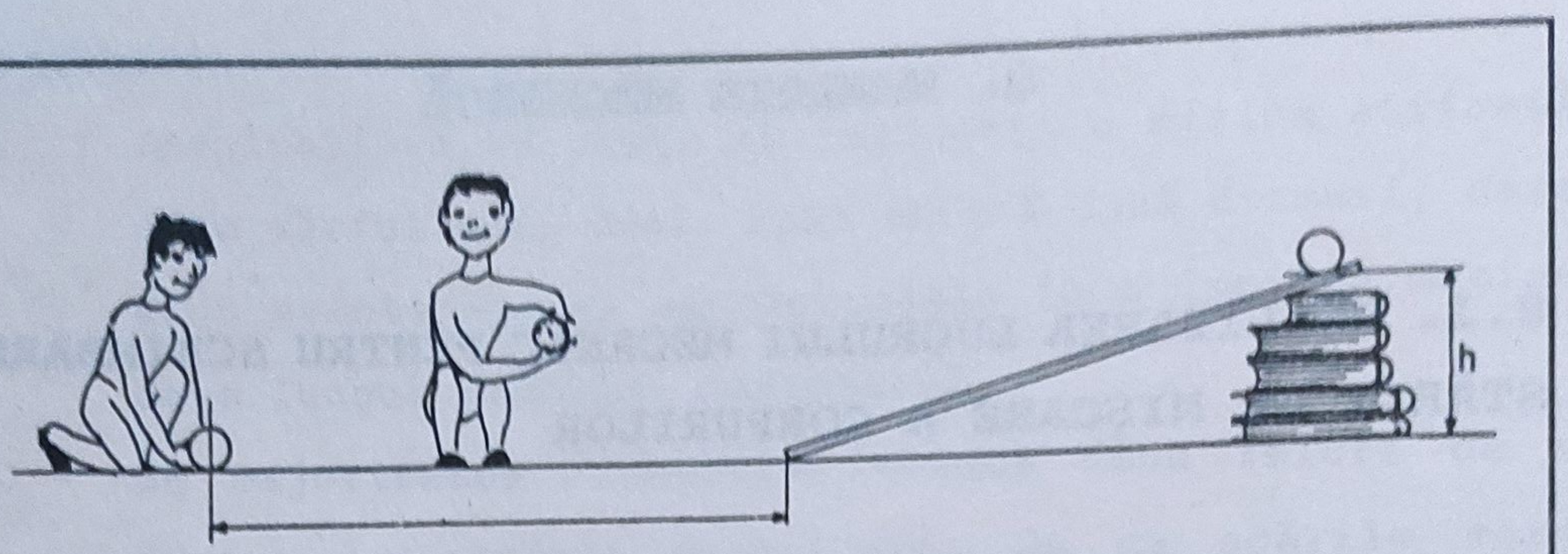


Figura 8.1.

Puteţi calcula lucrul mecanic efectuat asupra monezii care „cade", înmuţind deplasarea verticală cu forţa verticală (greutatea ori înălţimea).

Calculaţi viteza măsurând distanţa pe care se deplasează moneda în 2 secunde (şi împărţind prin doi pentru un rezultat în m/s). De îndată ce moneda ajunge la baza planului înclinat veţi număra (măsura) 2 secunde şi veţi face un semn cu o cretă unde ajunge moneda. Apoi măsuraţi în metri distanţa de la baza planului înclinat la semnul făcut.

Exersaţi de câteva ori pentru acomodare cu instalaţia.

Repetaţi experimentul de mai multe ori pentru fiecare valoare a înălţimii h, considerând media vitezelor găsite (vă formaţi astfel o idee şi despre mărimea erorilor).

Scrieţi rezultatele într-un tabel şi desenaţi un grafic al vitezei în funcţie de înălţime.

Pentru a înţelege care este legătura dintre creşterea vitezei corpului şi lucrul mecanic efectuat asupra sa va trebui să introducem o nouă mărime fizică numită ENERGIE MECANICĂ.

8.2. ENERGIA MECANICĂ - TRATARE TEORETICĂ

Spunem că un corp (sau un sistem de corpuri) posedă energie dacă este capabil să efectueze lucru mecanic (nu prezintă importanţă dacă sistemul efectuează sau nu acest lucru mecanic).

Noţiunea de energie este importantă atât din punct de vedere teoretic (putem distinge diverse forme de energie: mecanică, electrică, termică, luminoasă, chimică, atomică şi nucleară) cât şi practic (se caută permanent noi surse şi resurse energetice). De cele mai multe ori legătura între fenomenele care implică diverse domenii ale fizicii (mecanică, electricitate, căldură, optică etc) se face tot prin intermediul energiei.

Ne vom ocupa, în cele ce urmează, numai de energia mecanică, care se prezintă în două forme: energie cinetică şi energie potenţială.

8.2.1. Energia cinetică

Aceasta este energia care corespunde corpurilor aflate în mişcare (kineticos în greceşte înseamnă mişcător). Să considerăm o bilă care are o anumită viteză şi loveşte un corp

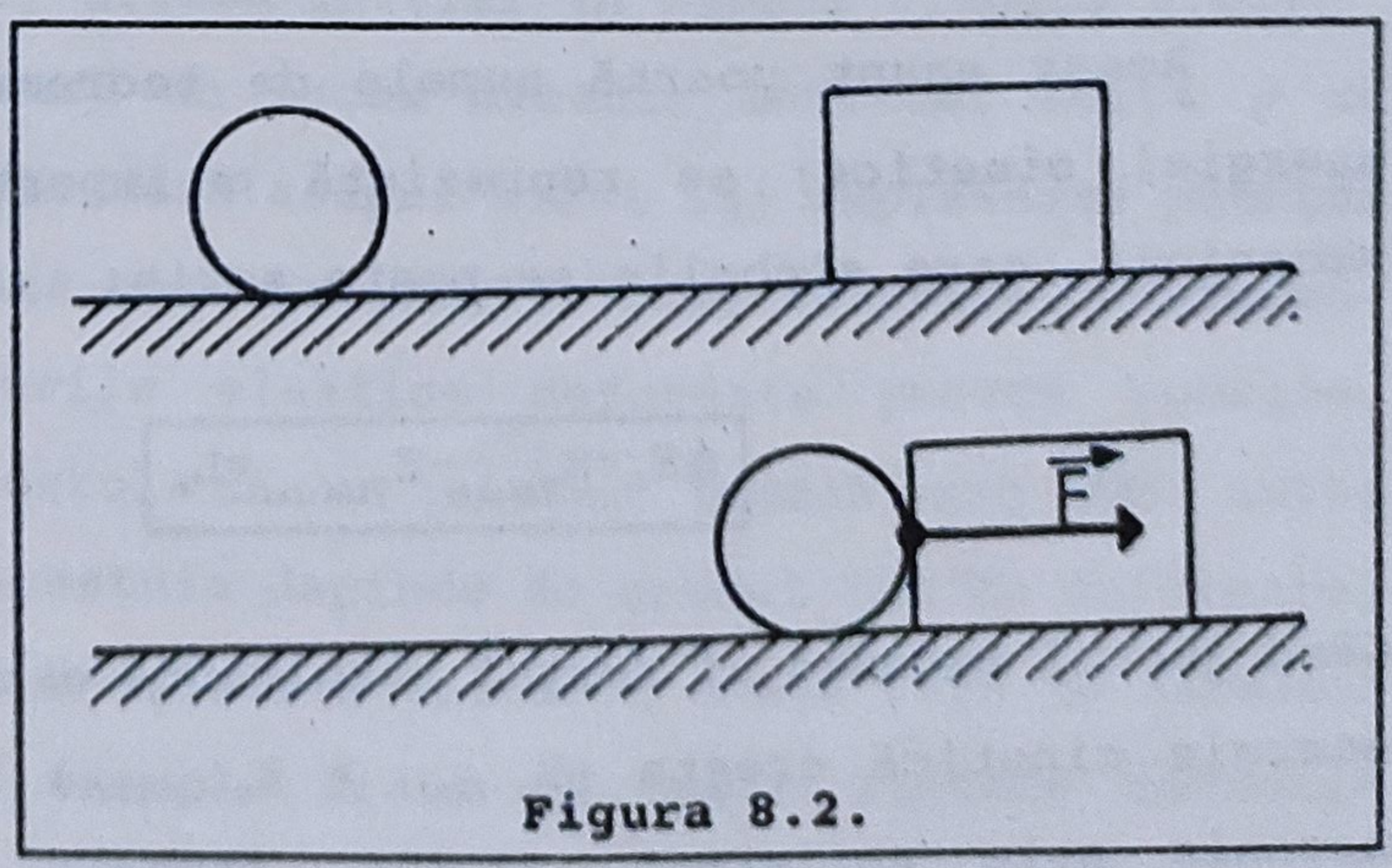


Figura 8.2.

paralelipipedic. Bila va acţiona cu o forţă $\vec{F}$ asupra corpului şi-l va deplasa pe o anumită distanţă (figura 8.2.). Rezultă că bila efectuează un anumit lucru mecanic, deci posedă energie.

Energia cinetică a unui corp se poate măsura prin lucrul mecanic maxim pe care este capabil să-l efectueze acel corp. Ea depinde de masa şi de viteza corpului, având expresia (pe care o dăm fără demonstraţie):

$$E_c = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

(Dependenţa de pătratul unei mărimi ne arată, de exemplu, că dacă variabila independentă creşte de trei ori, atunci variabila dependentă creşte de nouă ori).

Când asupra unui corp acţionează o forţă acceleratoare, energia cinetică creşte, iar când forţa frânează corpul, energia cinetică scade. Se poate arăta că:

Variaţia energiei cinetice a unui corp este egală cu lucrul mecanic al forţei rezultante ce acţionează asupra acelui corp.

Acest enunţ poartă numele de **teorema de variaţie a energiei cinetice**; ea reprezintă o importantă teoremă a mecanicii, care simbolic se poate scrie:

$$\Delta E_c = E_{c_{final}} - E_{c_{initial}} = L_R$$

Când lucrul mecanic al forţei rezultante este motor ($L_R > 0$) energia cinetică creşte ($E_{c\ final} > E_{c\ iniţial}$) iar când lucrul mecanic este rezistent, ($L_R < 0$), energia cinetică scade ($E_{c\ final} < E_{c\ iniţial}$).

8.2.2. Energia potenţială

1. Să considerăm un corp de masă m aflat în repaus la o înălţime h deasupra Pământului (figura 8.3.). Lăsat liber corpul cade, proces în cursul căruia greutatea $\vec{G}$ a corpului se deplasează efecuând un lucru mecanic. Deci corpul aflat la o anumită înălţime faţă de Pământ posedă energie. Corpul fiind iniţial în repaus, această energie nu poate fi cinetică. Corpul şi Pământul formează un sistem şi această energie corespunde părţilor acestui sistem.

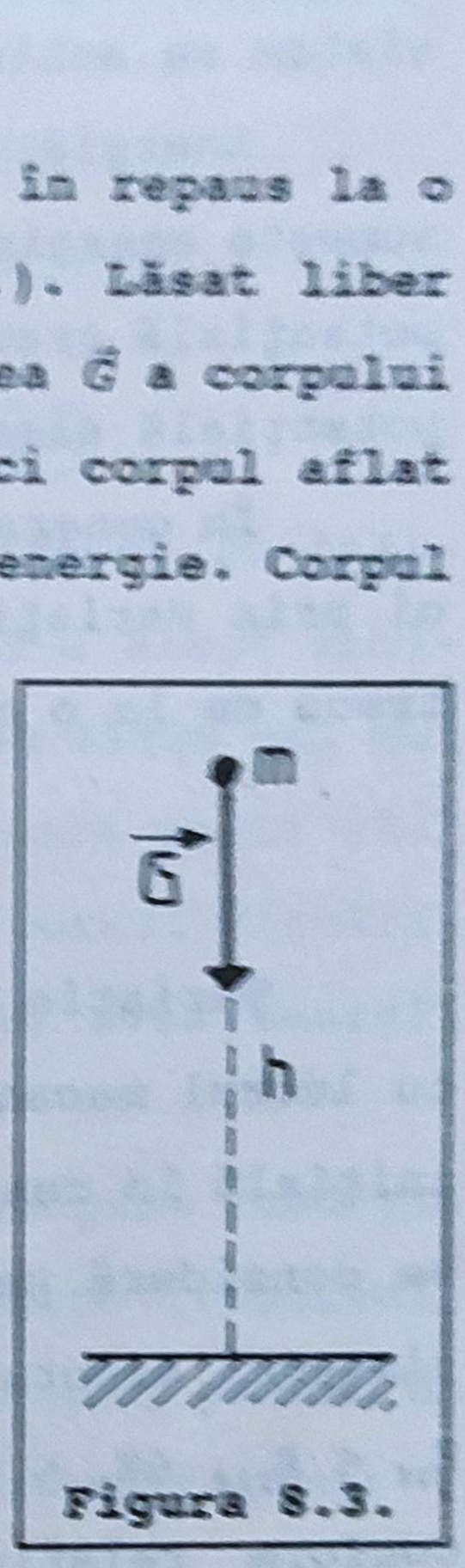


Figura 8.3.

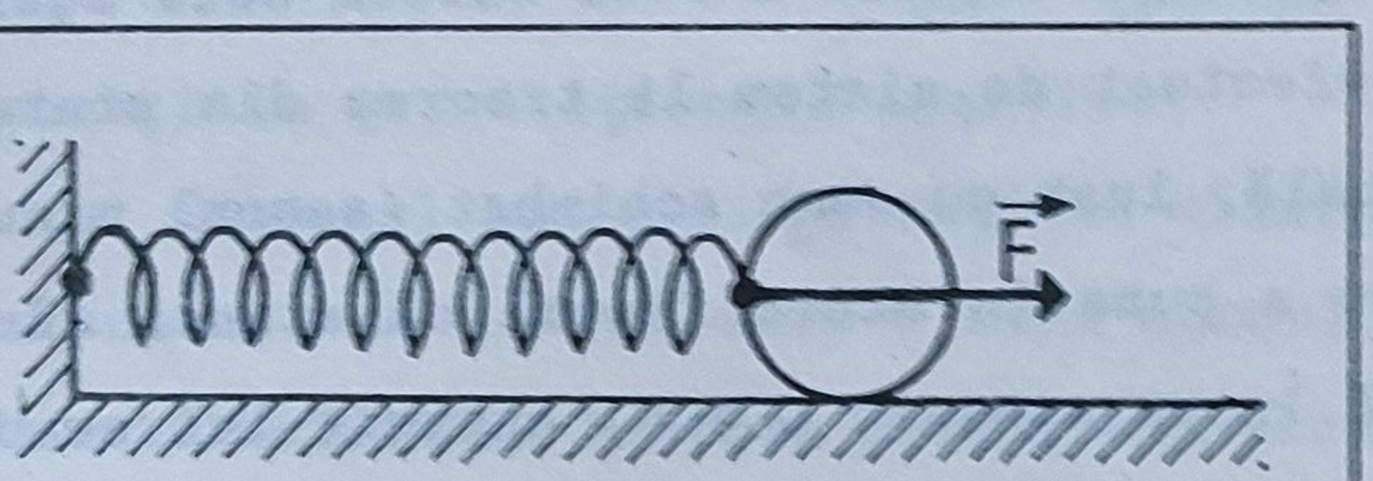


Figura 8.4.

2. Să considerăm un resort comprimat care acţionează asupra unei bile, aflată iniţial în repaus (figura 8.4.). Resortul efectuează un lucru mecanic întrucât forţa $\vec{F}$ cu care aceasta acţionează asupra bilei îşi deplasează punctul de aplicaţie (până când resortul ajunge în stare nedeformată). Deci corpurile elastice deformate posedă energie. Ccnsiderând resortul ca un sistem format din mai multe spire, energia acestuia depinde de gradul lui de deformare, adică de poziţia iniţială a spirelor unele faţă de altele.

Cele două exemple arată că unele sisteme mecanice (ansambluri de corpuri) posedă energie; dacă efectuează

lucru mecanic atunci poziţia părţilor care alcătuiesc acel sistem se schimbă unele faţă de altele.

Energia asociată cu poziţia părţilor unui sistem se numeşte energie potenţială. În primul exemplu avem o energie potenţială gravitaţională, iar în al doilea exemplu energie potenţială elastică.

În general energia potenţială se defineşte, nu direct, ci prin variaţia ei în cursul unui proces în care sistemul trece de la o configuraţie la alta:

$$\Delta E_p = E_{p_{final}} - E_{p_{initial}} = -L$$

Variaţia energiei potenţiale a unui sistem este egală cu lucrul mecanic efectuat de sistem la trecrea din starea iniţială în cea finală, luat cu semn schimbat (semnul minus se consideră pentru a pune în acord faptul că atunci când sistemul efectuează lucru mecanic $L > 0$, energia lui scade $E_{pf} < E_{pi}$, $\Delta E_p < 0$).

Conform relaţiei de mai sus, energia potenţială este definită până la o anumită constantă arbitrară. Într-adevăr, să alegem: $E_p' = E_p + C$. Atunci:

$$\Delta E_p' = E_{p_f} + C - (E_{p_i} + C) = E_{p_f} - E_{p_i} = \Delta E_p = -L$$

deci E_p' poate fi aleasă ca energie potenţială la fel de bine ca şi E_p. Constanta C se alege, în cazul energiei potenţiale gravitaţionale, punând condiţia ca aceasta să ia valoarea nulă pe suprafaţa de înălţime h=0 (figura 8.5.)

$$E_{p_B} - E_{p_A} = -L$$

$$0 - E_{p_A} = -G \cdot h_A = -m \cdot g \cdot h_A$$

Deci în punctul (starea) A, energia potenţială gravitaţională are valoarea:

$$E_{p_A} = m \cdot g \cdot h_A$$

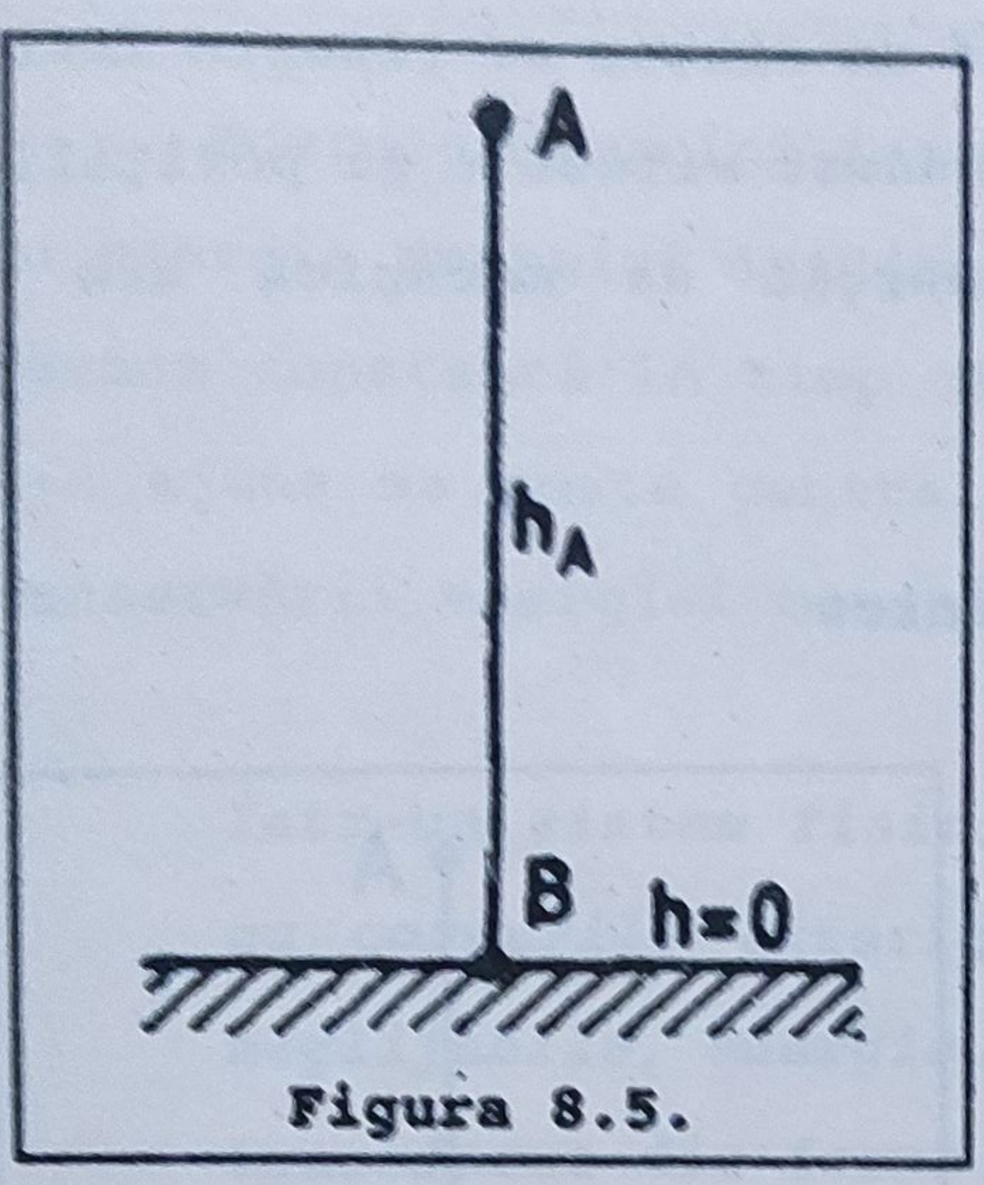


Figura 8.5.

În general putem scrie:

$$\boxed{E_p = m \cdot g \cdot h}$$

În probleme, nivelul de înălţime h = 0 se poate alege arbitrar; de obicei se alege cel mai de jos nivel pe care poate să-l atingă corpul în cursul mişcării sale (pentru a nu avea energii potenţiale gravitaţionale negative).

În cazul energiei potenţiale elastice se pune condiţia ca aceasta să ia valoarea 0 când corpul elastic (resortul) nu este deformat. Energia potenţială elastică are, pentru un resort deformat, are expresia (o dăm fără demonstraţie):

$$\boxed{E_{p_e} = \frac{k(\Delta l)^2}{2}}$$

unde k este constanta elastică a resortului şi Δl alungirea (sau comprimarea) acestuia.

8.2.3. Energia mecanică

Prin energie mecanică a unui sistem înţelegem suma dintre energiile cinetică şi potenţială corespunzătoare corpurilor ce alcătuiesc acel sistem:

$$\boxed{E = E_c + E_p}$$

Ea se măsoară în Jouli (J). Energia mecanică este o mărime de stare în sensul că dacă un sistem se găseşte într-o stare mecanică cunoscută (se cunosc vitezele şi poziţiile părţilor sistemului) atunci energia sa mecanică are o valoare bine precizată.

8.2.4. Conservarea energiei mecanice

Considerăm un corp aflat în cădere liberă. În poziţia A (figura 8.6.) corpul este în repaus cu energia potenţială gravitaţională $E_{pA} = m \cdot g \cdot h$ şi energia cinetică nulă $E_{cA} = 0$. În cursul căderii, înălţimea corpului faţă de sol scade iar viteza lui creşte. Deci energia potenţială a corpului scade în timp ce energia lui cinetică creşte.

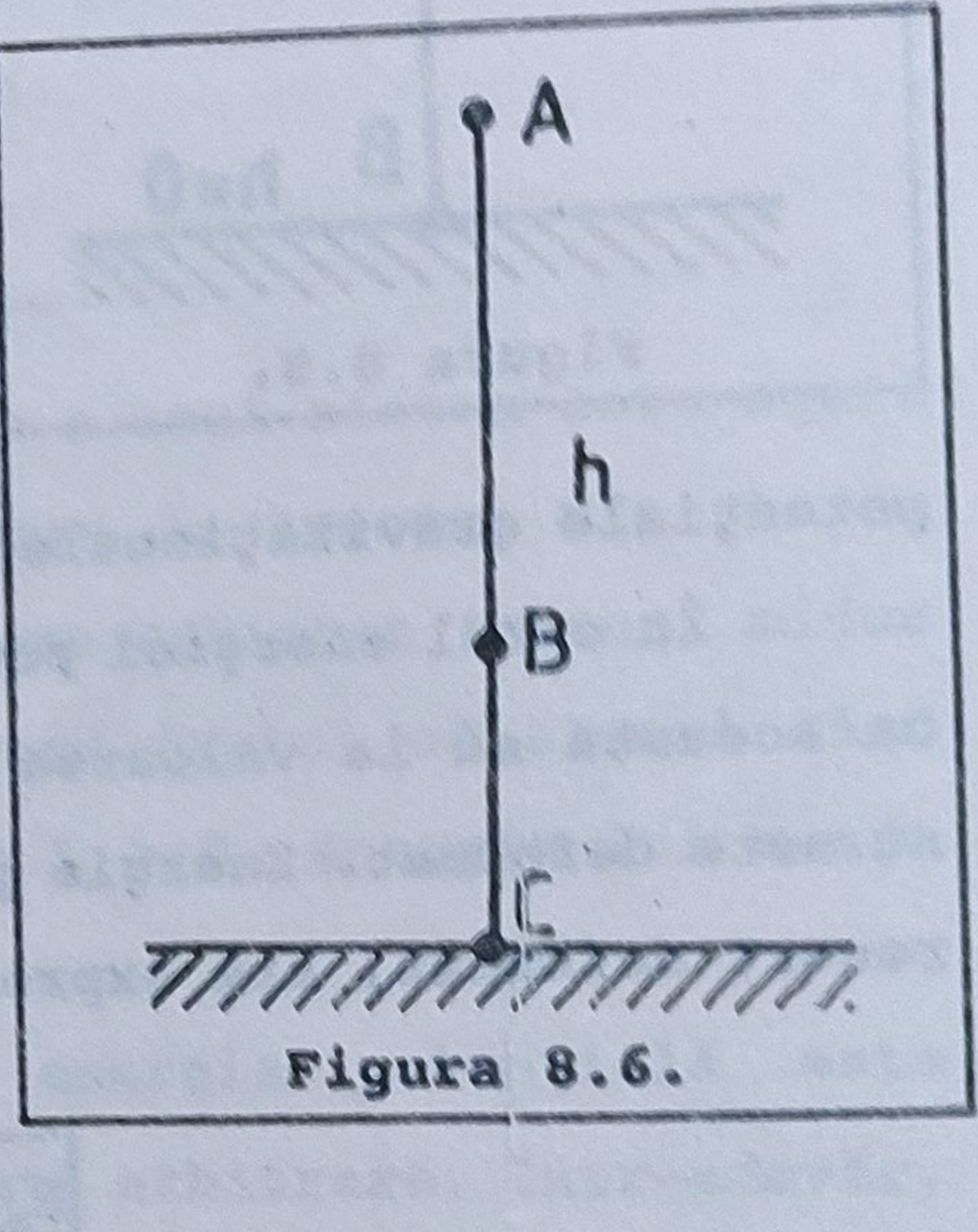


Figura 8.6.

Cum singura forţă care acţionează este greutatea $\vec{G}$, putem scrie alegând o stare B oarecare:

$$E_{c_B} - E_{c_A} = L_G \text{ şi } E_{p_B} - E_{p_A} = -L_G$$

De aici rezultă că scăderea energiei cinetice este egală cu creşterea energiei potenţiale. Procesul de cădere al corpurilor poate fi interpretat şi ca un proces de transformare a energiei potenţiale în energie cinetică. Putem scrie, dacă ţinem seama de cele două relaţii:

$$E_{c_B} - E_{c_A} = E_{p_A} - E_{p_B}$$

$$E_{c_B} + E_{p_B} = E_{c_A} + E_{p_A}$$

sau:

$$E_B = E_A$$

Energia mecanică într-o stare oarecare B este aceeaşi cu energia mecanică iniţială. Se spune despre o mărime care rămâne constantă în timp că se conservă. Concluzia la care s-a ajuns se poate generaliza, ea purtând numele de legea conservării energiei mecanice:

Într-un sistem fizic izolat (care nu interacţionează cu corpurile exterioare) şi în care frecările sunt neglijabile, energia mecanică se conservă (ea se poate transforma din forma ei cinetică în cea potenţială şi invers, dar suma acestor energii este constantă în timp).

Conservarea energiei o putem urmări la un corp atârnat de un fir în timp ce acesta se mişcă simetric de o parte şi de alta a poziţiei verticale (figura 8.7.).

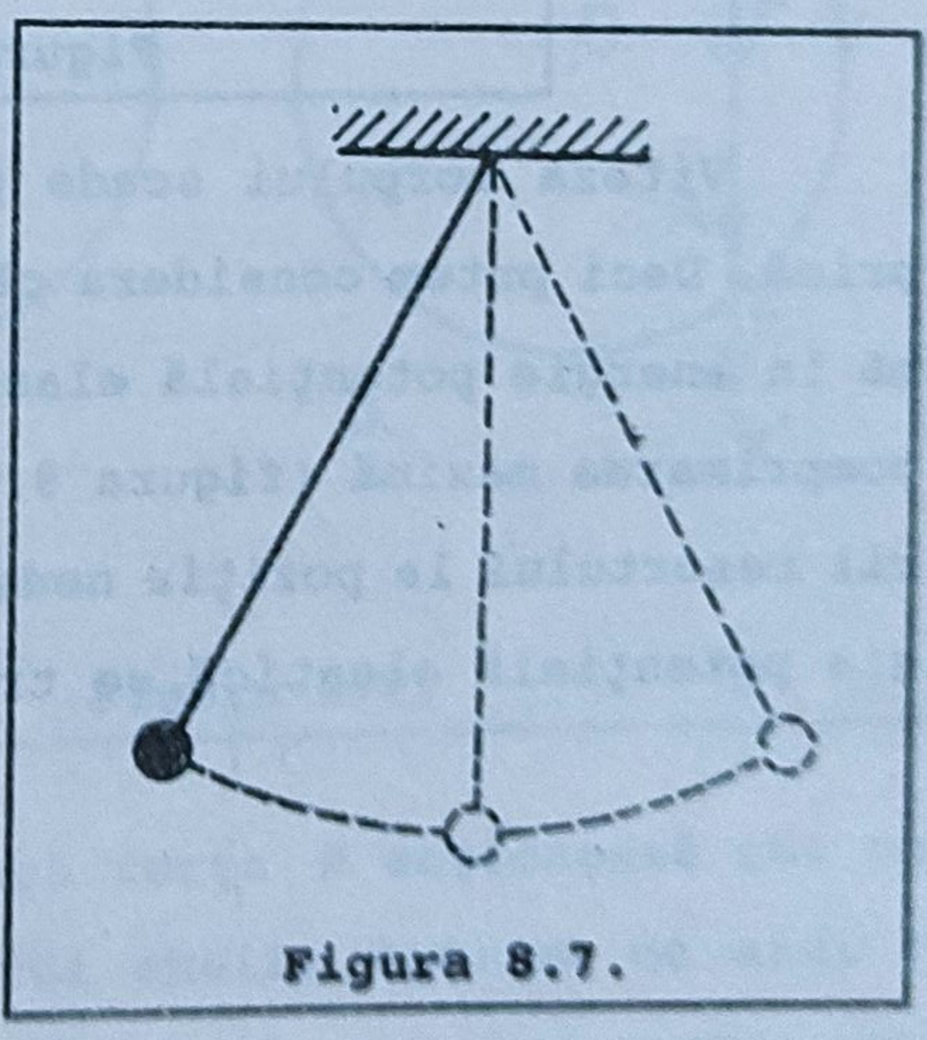


Figura 8.7.

În poziţiile extreme este maximă înălţimea deci şi energia potenţială iar energia cinetică (şi viteza) este nulă; în poziţia de echilibru energia cinetică (viteza) este maximă şi este minimă energia potenţială (înălţimea).

Energia cinetică se poate transforma şi în energie potenţială elastică şi invers. Considerăm un corp care se mişcă fără frecare pe o suprafaţă orizontală spre un resort fixat de un perete (figura 8.8.a.).

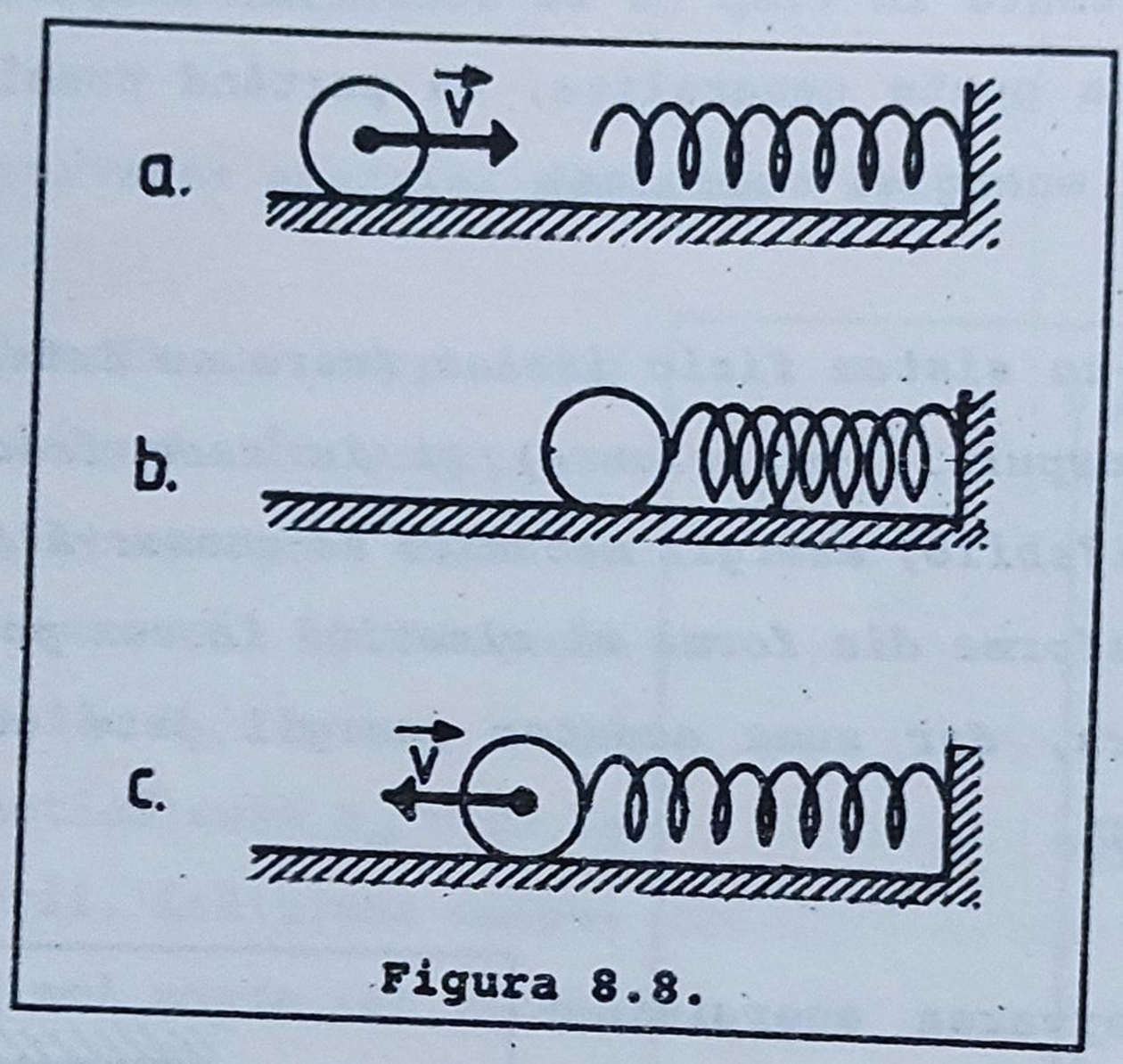


Figura 8.8.

Viteza corpului scade pe măsură ce resortul se comprimă. Deci putem considera că energia cinetică se transformă în energie potenţială elastică până când resortul atinge comprimarea maximă (figura 8.8.b.), apoi, în cursul revenirii resortului la poziţia nedeformată (figura 8.8.c.), energia potenţială elastică se transformă în energie cinetică.

9. MOMENTUL FORŢEI

9.1 INTRODUCERE

Să presupunem că dorim să strângem piuliţa unui şurub cu o cheie (figura 9.1.). Ştim că pentru realizarea acestui lucru trebuie să acţionăm cu o forţă $\vec{F}$ perpendiculară permanent pe mânerul cheii. Se poate observa uşor că piuliţa

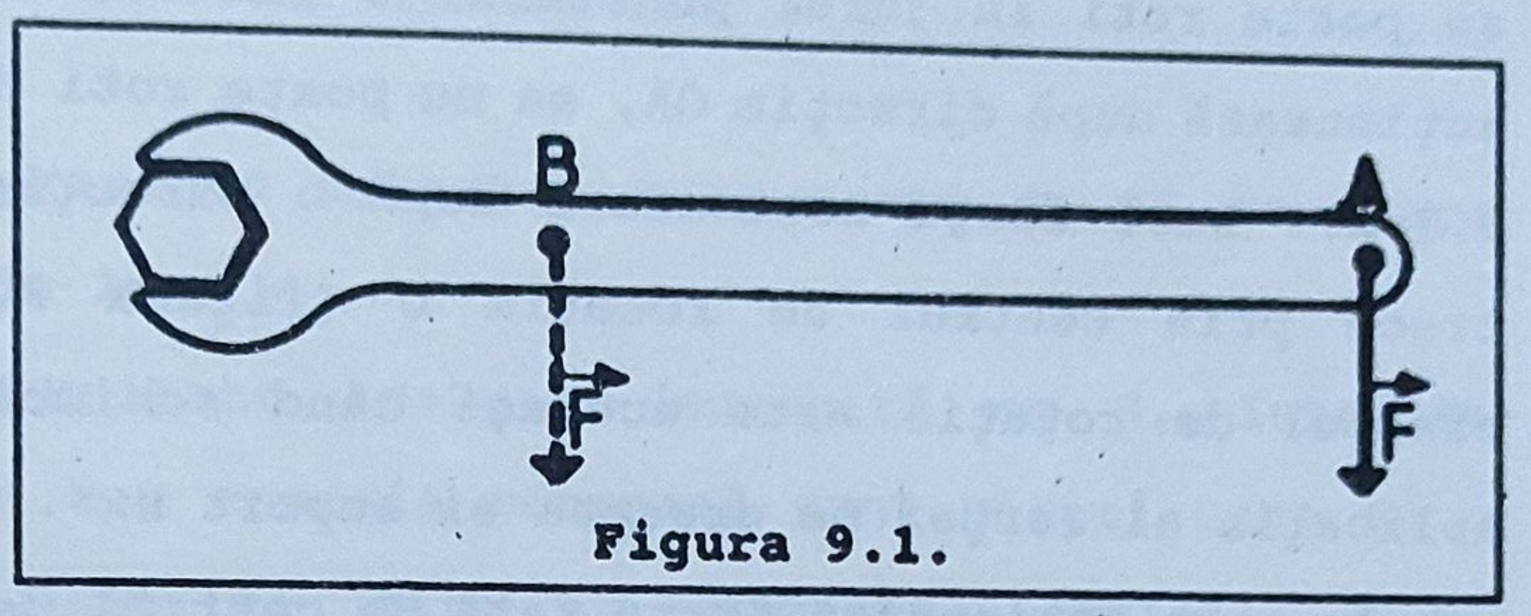
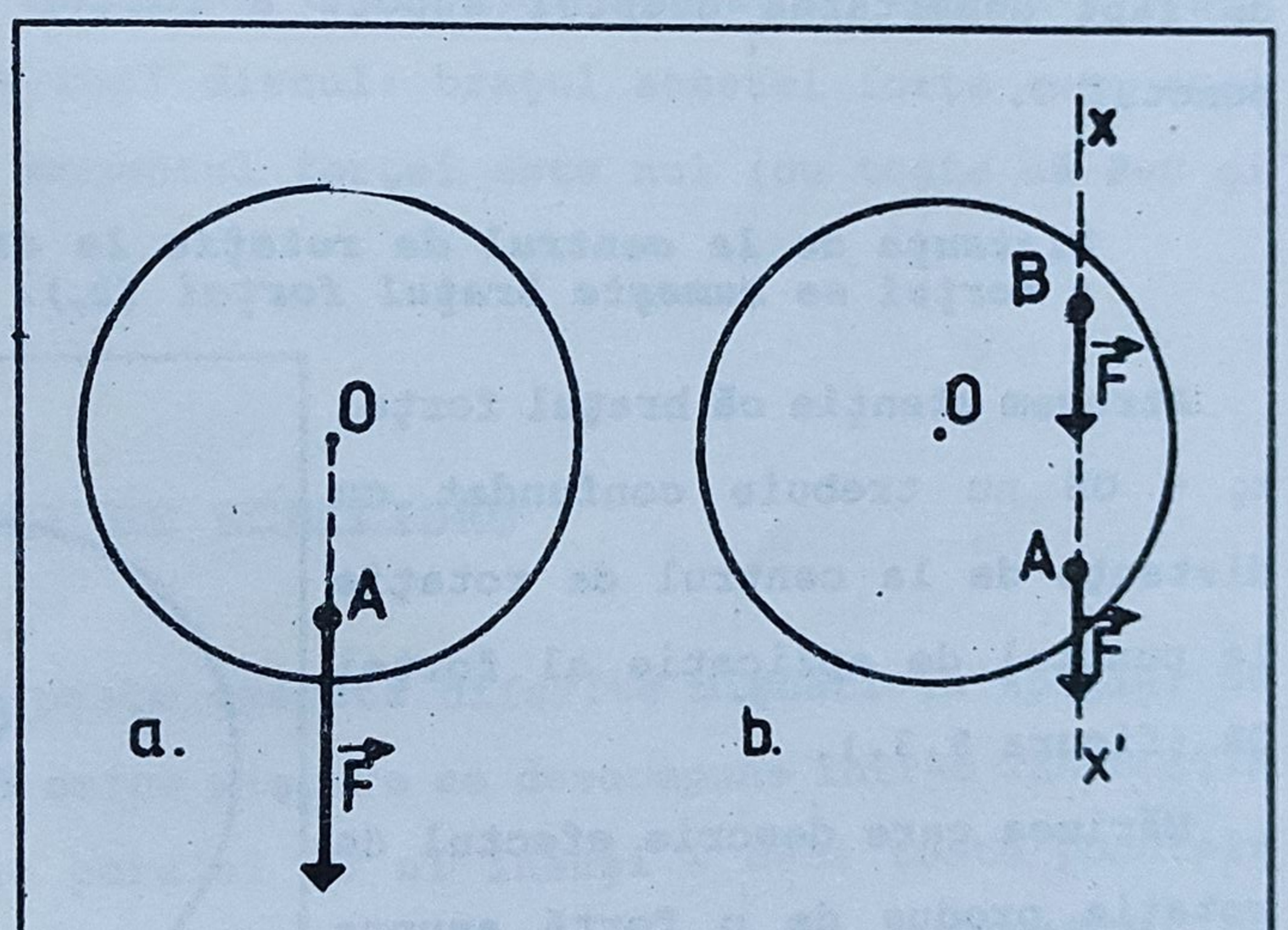


Figura 9.1.



a Figura 9.2. b

poate fi strânsă mai tare dacă forţa $\vec{F}$ acţionează cât mai departe de aceasta, pe mânerul cheii. Deducem de aici că efectul de rotaţie pe care o forţă îl exercită asupra unui corp (piuliţa) depinde nu numai de mărimea forţei ci şi de depărtarea acesteia faţă de axul de rotaţie. În consecinţă, forţa singură nu poate caracteriza efectul de rotaţie produs asupra unui corp; este necesară, de aceea, introducerea unei

noi mărimi. Pentru aceasta trebuie să precizăm cum luăm în considerare depărtarea la care acţionează forţa faţă de axul de rotaţie. Considerăm un disc perforat (figura 9.2.) care se poate roti în jurul punctului O (axului O). Când forţa acţionează după direcţia OA, ea nu poate roti discul (figura 9.2.a). Dacă forţa acţionează după o direcţie xx' care nu trece prin centrul de rotaţie O (figura 9.2.b.) atunci efectul de rotaţie este acelaşi când schimbăm punctul de aplicaţie al forţei pe dreapta ei suport xx'. Deci depărtarea la care acţionează forţa faţă de centrul de rotaţie este de fapt depărtarea dreptei suport a forţei în raport cu punctul O.

Distanţa de la centrul de rotaţie la dreapta suport a forţei se numeşte braţul forţei (b_r).

Atragem atenţia că braţul forţei b_r = OB nu trebuie confundat cu distanţa de la centrul de rotaţie la punctul de aplicaţie al forţei OA (figura 9.3.).

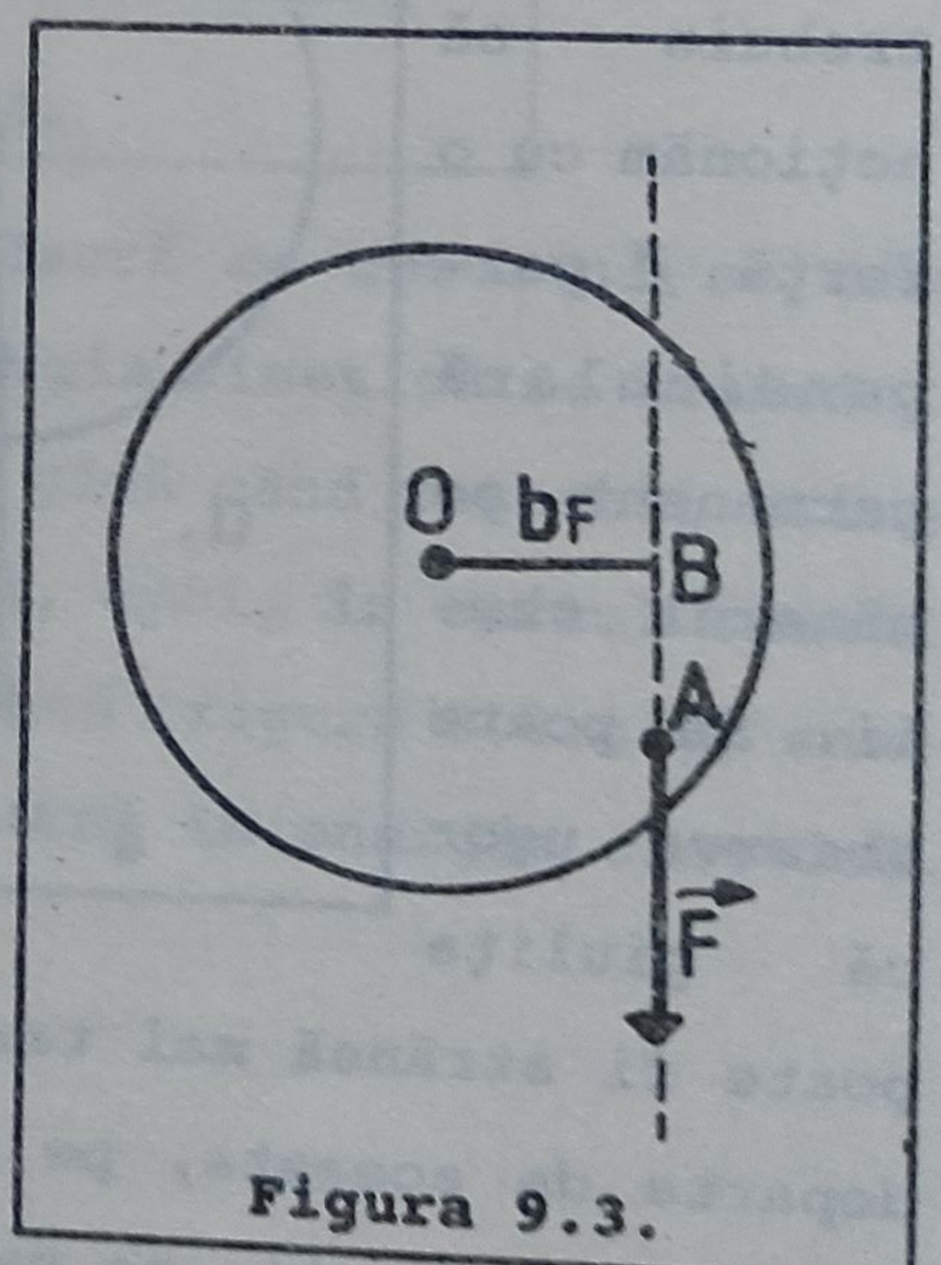


Figura 9.3.

Mărimea care descrie efectul de rotaţie produs de o forţă asupra unui corp se numeşte momentul forţei.

$$M = F \cdot b_F$$

Prin definiţie, momentul forţei este mărimea fizică egală cu produsul dintre forţă şi braţul forţei.

Unitatea de măsură pentru momentul forţei se numeşte newton-metru:

$$[M]_{SI} = [F]_{SI} \cdot [b_r]_{SI} = N \cdot m$$

1N·m reprezintă momentul unei forţe de 1N care are braţul de 1m.

Această unitate trebuie deosebită de J, întrucât lucrul mecanic sau energia mecanică sunt mărimi care au o semnificaţie diferită faţă de momentul forţei. Putem înţelege acum de ce în cazul reprezentat în figura 9.2.a., forţa nu poate roti discul: braţul acestei forţe este egal cu 0, deci şi momentul forţei este nul (cu toate că F≠0 şi OA≠0).

9.2. CONDIŢII DE ECHILIBRU

Un corp poate executa diferite mişcări în spaţiu. Se poate arăta că orice mişcare se descompune într-o TRANSLAŢIE (corpul rămâne paralel cu el însuşi - deci toate punctele corpului descriu aceeaşi traiectorie) şi o ROTAŢIE. De exemplu, roata unui vehicul aflat în mers avansează dar concomitent se şi roteşte.

Se consideră că un corp este în echilibru de translaţie dacă este în repaus sau dacă are o mişcare rectilinie uniformă. De asemenea se consideră că un corp este în echilibru de rotaţie când acel corp este în repaus sau când se roteşte uniform. Pentru ca un corp, asupra căruia

acţionează mai multe forţe, să fie în echilibru trebuie îndeplinite următoarele condiţii:

1. Condiţia de echilibru faţă de mişcarea de translaţie: rezultanta tuturor forţelor care acţionează asupra corpului trebuie să fie nulă.

2. Condiţia de echilibru faţă de mişcarea de rotaţie: suma momentelor forţelor care rotesc corpul într-un sens trebuie să fie egală cu suma momentelor forţelor care rotesc corpul în sens contrar.

Prima condiţie se justifică prin aceea că în cazul repausului sau al mişcării rectilinii uniforme, corpul are acceleraţia nulă şi deci, conform principiului fundamental al dinamicii, forţa rezultantă trebuie să fie nulă.

Să justificăm şi condiţia de echilibru faţă de mişcarea de rotaţie. Considerăm o pârghie în echilibru acţionată de forţele $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$, $\vec{F}_3$ (figura 9.4.).

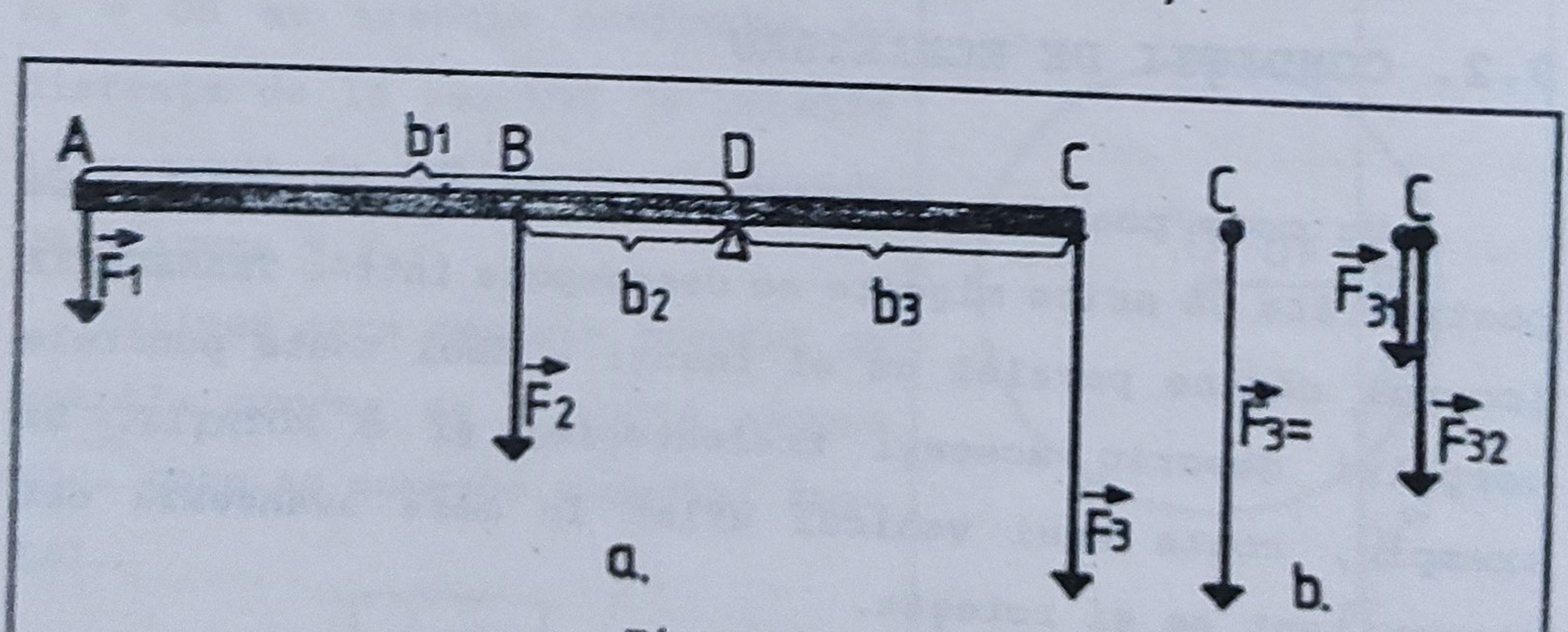


Figura 9.4.

Considerăm că forţa $\vec{F}_3$ este o sumă de două forţe $\vec{F}_{31}$ (care echilibrează acţiunea forţei $\vec{F}_1$) şi $\vec{F}_{32}$ (care echilibrează acţiunea forţei $\vec{F}_2$). Avem îndeplinite condiţiile de echilibru ale pârghiei: $F_1 \cdot b_1 = F_{31} \cdot b_3$; $F_2 \cdot b_2 = F_{32} \cdot b_3$

Forţele $\vec{F}_{31}$ şi $\vec{F}_{32}$ au acelaşi braţ care este în fond braţul forţei $\vec{F}_3$. Adunând relaţiile membru cu membru, obţinem:

$$F_1 \cdot b_1 + F_2 \cdot b_2 = (F_{31} + F_{32}) \cdot b_3 \quad \text{sau:}$$

$$\boxed{F_1 \cdot b_1 + F_2 \cdot b_2 = F_3 \cdot b_3}$$

Dar $\vec{F}_3$ roteşte pârghia în sensul acelor de ceas în timp ce $\vec{F}_1$ şi $\vec{F}_2$ o rotesc în sens contrar. Astfel a doua condiţie de echilibru este justificată.

9.3. COMPUNEREA FORŢELOR PARALELE

9.3.1 Rezultanta forţelor paralele

Asupra unui corp pot acţiona forţe ale căror direcţii sunt paralele, numite pe scurt forţe paralele. Forţele paralele pot avea acelaşi sens sau sensuri contrare. Vom descrie un experiment în urma căruia vom deduce cum se poate găsi rezultanta acestor tipuri de forţe. Fie o bară de masă neglijabilă, suspendată într-un punct O cu ajutorul unui fir trecut peste un scripete fix (figura 9.5.a.).
În două puncte oarecare A şi B ale barei atârnăm greutăţi, astfel ca bara să fie în echilibru (pentru moment ţinem firul în mână). Notăm cu $\vec{F}_1$ şi $\vec{F}_2$ aceste greutăţi (figura 9.5.b.). Apoi, de capătul rămas liber al firului suspendăm greutăţi până când întreg sistemul este în echilibru.

Conform celor cunoscute de la scripetele fix, putem considera $\vec{F}_3$, egală cu greutatea corpurilor atârnate la capătul liber al firului. Experimental se constată că :

$$F_3=F_1+F_2$$

Urmărind figura 9.5.b, întrucât $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$ şi $\vec{F}_3$ asigură echilibrul barei, putem scrie:

$$\vec{F}_1+\vec{F}_2+\vec{F}_3=0$$

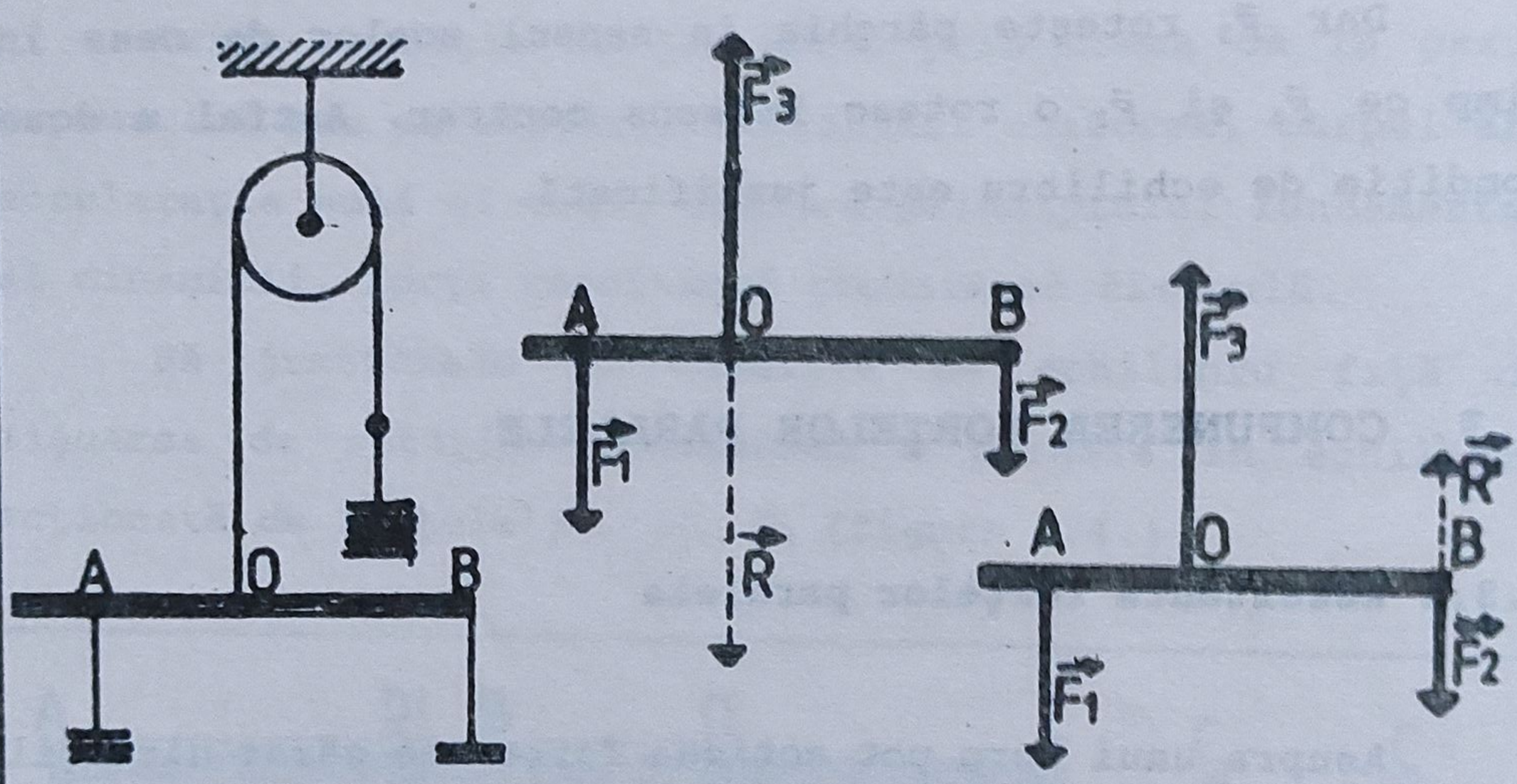


Figura 9.5.

Pe de altă parte, alegând o forţă $\vec{R}$ coliniară, de sens contrar şi egală în modul cu $\vec{F}_3$, putem scrie: $\vec{R}+\vec{F}_3=0$

Comparând ultimele două relaţii, obţinem:

$$\boxed{\vec{R}=\vec{F}_1+\vec{F}_2}$$

Această relaţie ne arată că forţa $\vec{R}$ este tocmai rezultanta căutată a forţelor $\vec{F}_1$ şi $\vec{F}_2$.

Considerând AB ca pârghie sprijinită în punctul O, avem îndeplinită relaţia:.

$$\boxed{\frac{AO}{OB}=\frac{F_2}{F_1}}$$

Conform celor arătate putem deci concluziona:

Rezultanta $\vec{R}$ a două forţe paralele de acelaşi sens, $\vec{F}_1$ şi $\vec{F}_2$, este o forţă paralelă de acelaşi sens cu forţele date, care are modulul egal cu suma modulelor celor două forţe şi punctul de aplicaţie pe segmentul care uneşte punctele de aplicaţie ale celor două forţe, împărţind acest segment în două segmente invers proporţionale cu forţele.

Pentru a găsi rezultanta a două forţe paralele de sens contrar, vom considera, în experimentul descris mai sus, că avem de compus forţele $\vec{F}_1$ şi $\vec{F}_3$ (figura 9.5.c.). Cum: $\vec{F}_1+\vec{F}_2+\vec{F}_3=0$, alegând forţa $\vec{R}'$ egală şi de sens contrar cu $\vec{F}_2$ avem:

$$\vec{R}'+\vec{F}_2=0$$

Din ultimele două relaţii rezultă:

$$\vec{R}'=\vec{F}_1+\vec{F}_3$$

adică $\vec{R}'$ este rezultanta căutată pentru forţele $\vec{F}_1$ şi $\vec{F}_3$. Pentru a caracteriza această rezultantă, vom putea scrie folosind proprietăţile proporţiilor:

$\frac{AO}{OB}=\frac{F_2}{F_1}$ deci: $\frac{AO}{F_2}=\frac{OB}{F_1}=\frac{AO+OB}{F_1+F_2}=\frac{AB}{F_3}$ de unde: $\frac{OB}{F_1}=\frac{AB}{F_3}$ sau:

$$\boxed{\frac{OB}{AB}=\frac{F_1}{F_3}}$$

Cum $F_3=F_1+F_2$, rezultă că:

$$\boxed{F_2=F_3-F_1}$$

Ultimele două relaţii încercuite permit să caracterizăm rezultanta $\vec{R}'$.

Rezultanta a două forţe paralele, de sens contrar, este o forţă paralelă cu forţele date, are sensul forţei mai mari, modulul egal cu diferenţa modulelor celor două forţe şi punctul de aplicaţie în afara dreptei care uneşte cele două forţe, de partea forţei mai mari, astfel încât raportul distanţelor la cele două forţe să fie egal cu raportul invers al modulelor forţelor.

Compunerea forţelor paralele ca şi descompunerea unei forţe în două componente paralele cu ea constituie operaţii folosite des în probleme practice de mecanică.

9.3.2. Aplicaţie practică

1. Luaţi o riglă obişnuită şi sprijiniţi-o la capete în poziţie orizontală pe cele două degete arătătoare.
2. Apropiaţi încet cele două degete unul de altul, astfel încât rigla să fie permanent orizontală.

3. Observaţi în ce loc de pe riglă se întâlnesc cele două degete.

4. Repetând experimentul, credeţi că cele două degete se vor întâlni în acelaşi loc? Verificaţi practic concluzia la care aţi ajuns.

5. Dacă remarcaţi ceva interesant atunci încercaţi să daţi o explicaţie. Puteţi sau nu să utilizaţi conceptul de forţe paralele.

6. Încercaţi să desenaţi grafic forţele care intervin şi să explicaţi prin calcule cele observate.

7. Dacă nu aţi reuşit să daţi un răspuns la instrucţiunile 5 şi 6, urmăriţi mai întâi următoarea aplicaţie.

8. În figura 9.6 s-a reprezentat un tablou atârnat direct pe perete cu ajutorul a două cuie A şi B. Ce reprezintă fiecare forţă?

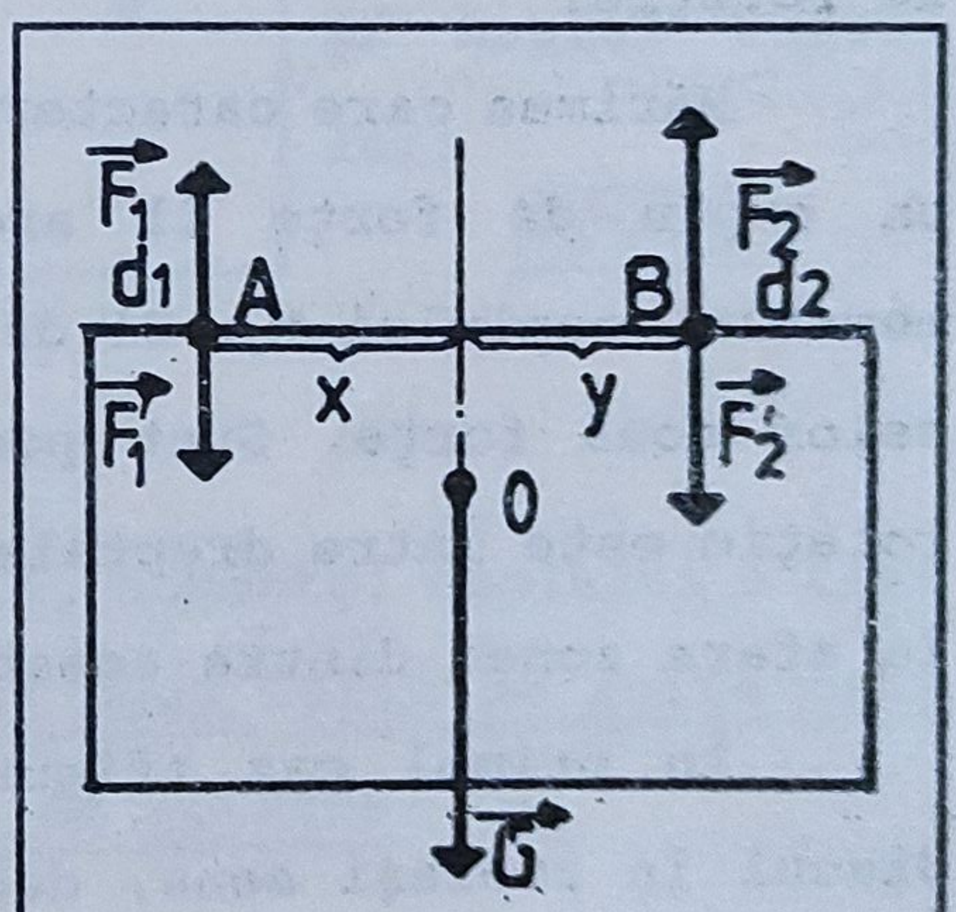


Figura 9.6.

9. Şerban a bătut cele două cuie, constatând că cel din B nu este prea rezistent. Ce sfaturi îi daţi pentru ca tabloul să stea cât mai în siguranţă?

10. Stând în picioare un timp mai îndelungat, simţim că piciorul stâng a obosit. Cum este mai bine, să apropiem sau să depărtăm acest picior de restul corpului? (Nu ridicaţi piciorul de pe sol căci colegii vă pot confunda cu o barză!)

9.4. CUPLU DE FORŢE

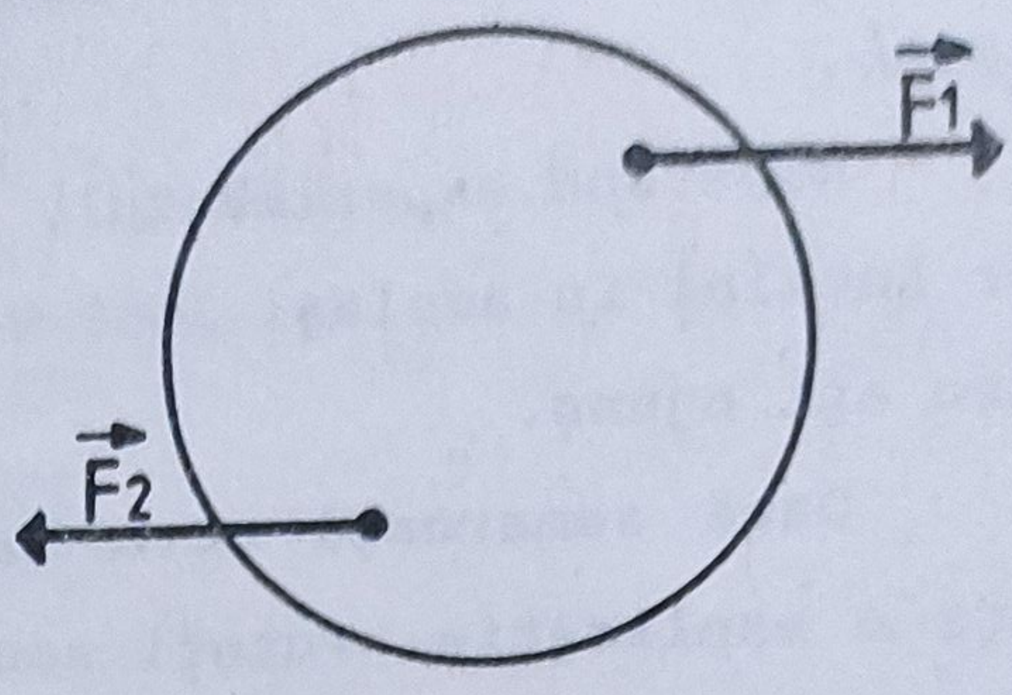


Figura 9.7.

Prin cuplu de forţe înţelegem un ansamblu de două forţe paralele, de sens contrar, egale în modul (figura 9.7.):

Modulul rezultantei celor două forţe paralele de sens contrar (fiind egal cu diferenţa modulelor celor două forţe) este nul. Deci cuplul de forţe nu poate imprima corpului o mişcare de translaţie. El imprimă numai o mişcare de rotaţie.

Mărimea care caracterizează efectul de rotaţie pe care un cuplu de forţe îl are asupra unui corp se numeşte momentul cuplului M_c. El dă efectul de rotaţie rezultant al celor două forţe. Sunt posibile două situaţi: centrul de rotaţie este între dreptele suport ale celor două forţe sau în afara zonei dintre aceste drepte (figura 9.8.).

În primul caz (figura 9.8.a.), ambele forţe rotesc discul în acelaşi sens, deci momentul cuplului trebuie definit ca suma momentelor celor două forţe:

$$M_c = M_1 + M_2 = F_1 \cdot b_1 + F_2 \cdot b_2$$

Cum $F_1 = F_2$, rezultă că:

$$M_c = F_1 \cdot b_1 + F_1 \cdot b_2 = F_1 (b_1 + b_2) = F_1 \cdot b_c$$

unde b_c este distanţa dintre suporturile celor două forţe, numită braţul cuplului.

Dacă centrul de rotaţie este în afara dreptelor suport ale celor două forţe, atunci observăm că cele două forţe rotesc în sens contrar (figura 9.8.b.). De aceea momentul

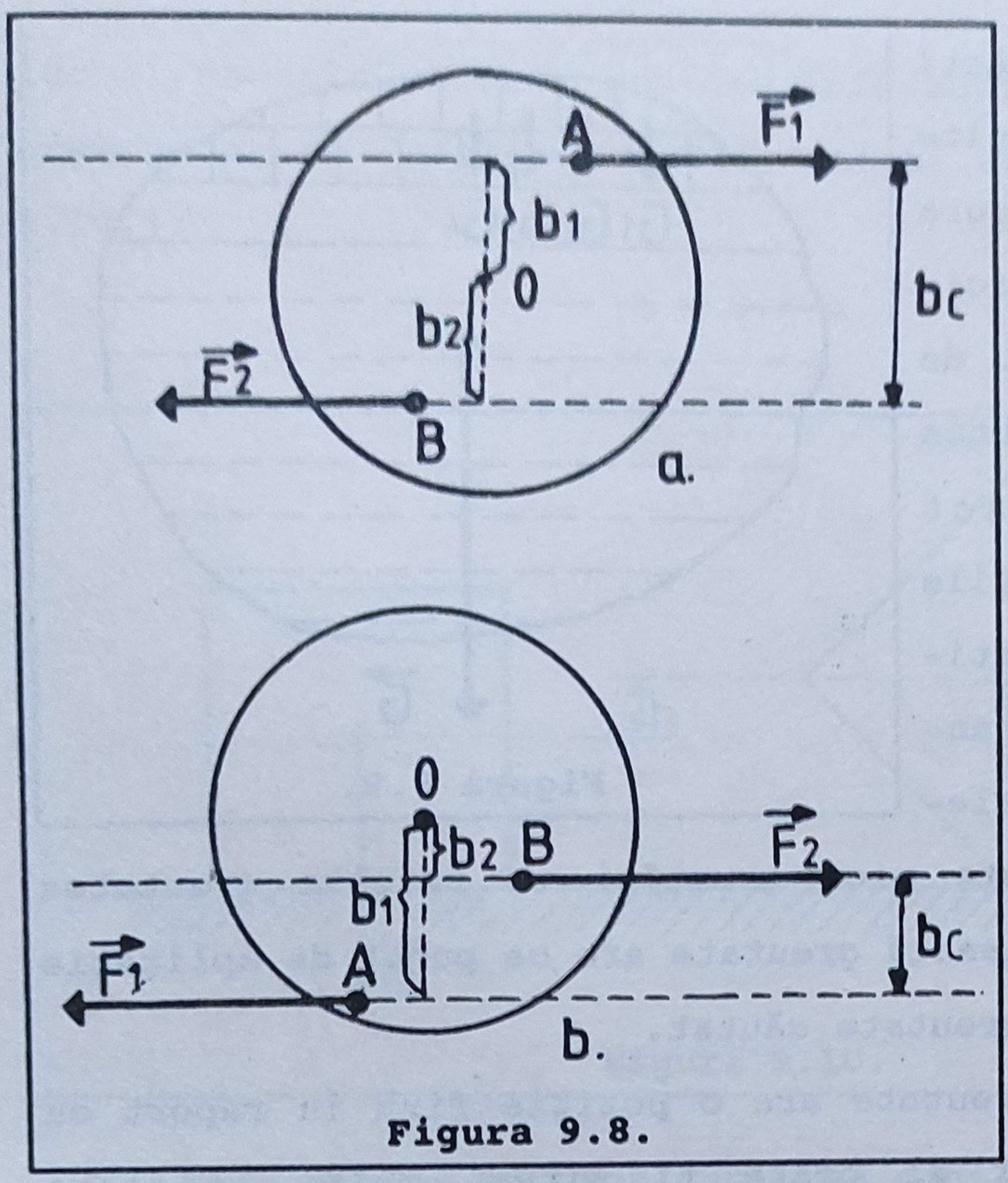


Figura 9.8.

rezultant va fi egal cu diferenţa momentelor celor două forţe:

$$M_o = M_1 - M_2 = F_1 \cdot b_1 - F_2 \cdot b_2 = F_1 (b_1 - b_2) = F_1 \cdot b_o$$

În concluzie, momentul unui cuplu este totdeauna egal cu produsul dintre modulul uneia dintre forţe şi braţul cuplului:

$$\boxed{M_c = F \cdot b_c}$$

Observaţie:

Întrucât, în ambele situaţii, momentul cuplului a fost acelaşi putem observa că momentul unui cuplu de forţe este independent de poziţia centrului de rotaţie.

9.5. CENTRUL DE GREUTATE

În capitolul „Greutatea corpurilor" am arătat că punctul de aplicaţie al greutăţii unui corp se numeşte centru de greutate. Definirea acestui punct o vom face în cele ce urmează. Fie un corp care este suficient de mare (extins spaţial), astfel încât să nu poată fi considerat punct

material. Vom împărţi mintal corpul în multe părţi mici (figura 9.9.), fiecare părticică fiind suficient de mică pentru a o putea considera punct material. Greutăţile tuturor acestor particule alcătuiesc un ansamblu de forţe paralele. Compunând aceste mici greutăţi va rezulta greutatea întregului corp. Această greutate are ca punct de aplicaţie tocmai centrul de greutate căutat.

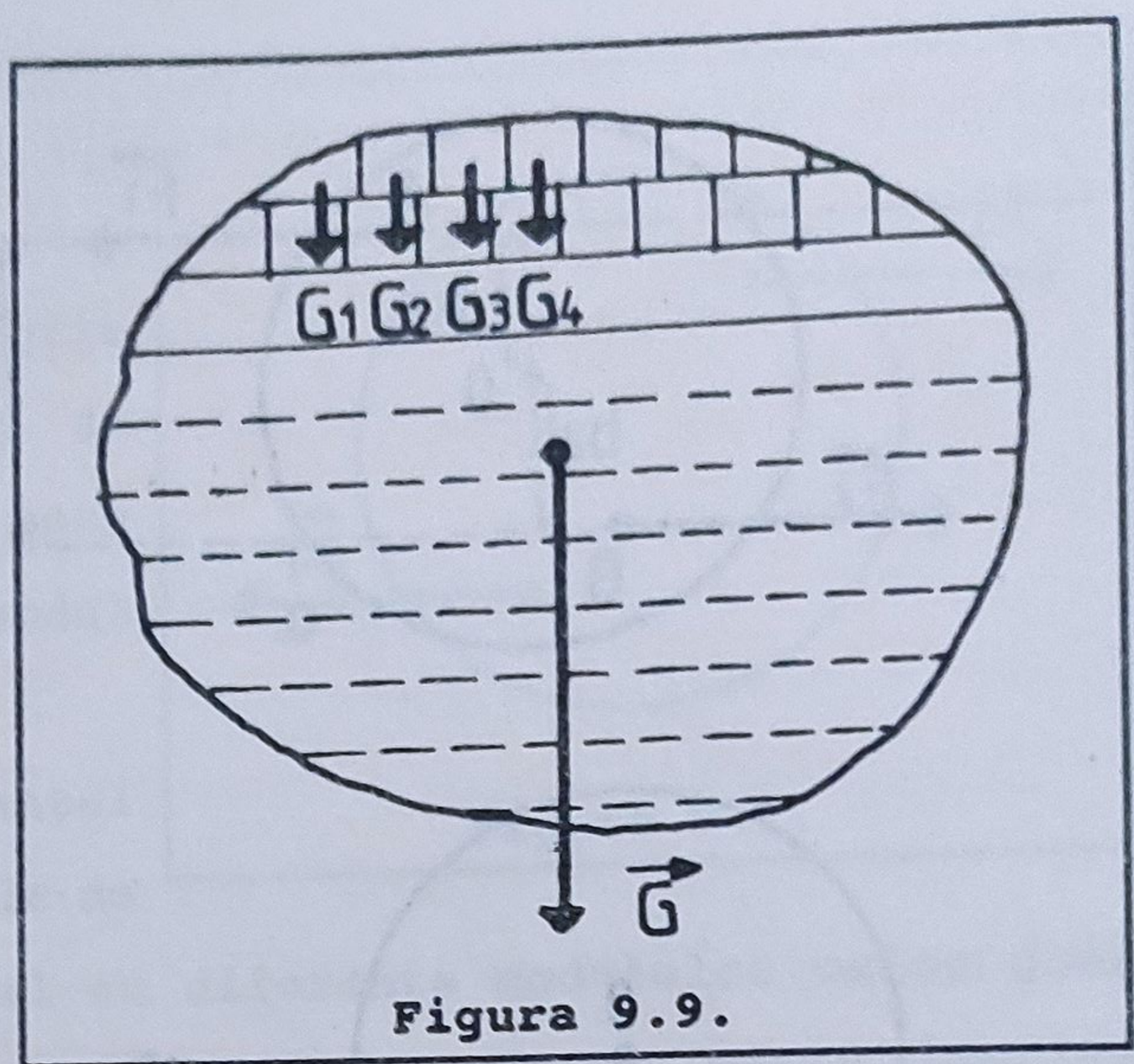


Figura 9.9.

Centrul de greutate are o poziţie fixă în raport cu corpul dat. Uneori el poate fi situat chiar în afara materiei care intră în constituţia corpului (este cazul unui inel la care centrul de greutate este în centrul acestuia).

La corpurile omogene care prezintă simetrii, centrul de greutate poate fi găsit mai uşor:

- ***dacă un corp are un plan de simetrie, atunci centrul de greutate este în acest plan;***
- ***dacă un corp are o axă de simetrie, atunci centrul de greutate este pe acea axă;***
- ***dacă un corp are un centru de simetrie, atunci centrul de greutate este chiar acel punct.***

Pentru un triunghi (tăiat, de exemplu, din hârtie) centrul de greutate este la intersecţia medianelor.

Există numeroase aplicaţii în care este implicat centrul de greutate. De exemplu, dacă dorim să calculăm

lucrul mecanic necesar rostogolirii unui corp, trebuie să urmărim cu ce înălţime h urcă centrul de greutate (figura 9.10.).

$$L = G \cdot h$$

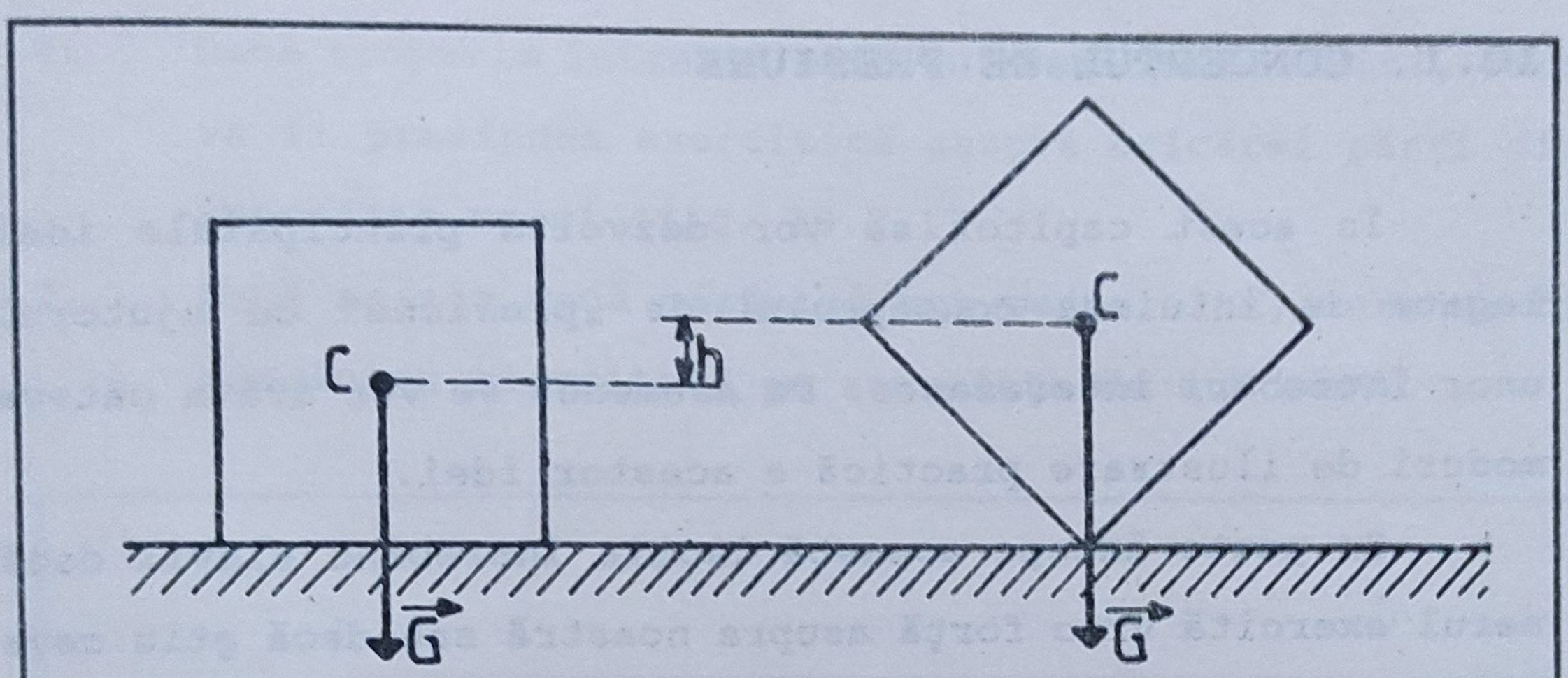


Figura 9.10.

De asemenea în problemele de echilibru al corpurilor sub acţiunea gravitaţiei centrul de greutate joacă un rol important. Se arată că echilibrul este **STABIL** dacă, la o mică deplasare a corpului din poziţia de echilibru, centrul de greutate urcă. Când centrul de greutate coboară, echilibrul este **INSTABIL**, iar dacă centrul de greutate rămâne la aceeaşi înălţime, echilibrul este **INDIFERENT**.

10. ELEMENTE DE HIDROSTATICĂ

10.1. CONCEPTUL DE PRESIUNE

În acest capitol se vor dezvolta principalele idei legate de intuirea conceptului de „presiune" cu ajutorul unor întrebări interesante. De asemenea se vor arăta câteva moduri de ilustrare practică a acestor idei.

Se poate începe această lecţie întrebând elevii dacă aerul exercită vreo forţă asupra noastră sau dacă ştiu ceva despre presiunea atmosferică. Înainte de a începe să răspundă la aceste întrebări, elevii trebuie să ştie că presiunea exercitată pe o suprafaţă se datoreşte acţiunii unei forţe asupra acelei suprafeţe, să cunoască ecuaţia p=F/S şi să poată să o utilizeze.

10.1.1. Presiunea exercitată de un corp solid (cărămidă) asupra unei mese

Dacă nu staţi prea bine cu condiţia fizică, atunci puteţi înlocui cărămizile (figura 10.1.) din experimentele următoare cu cutii de casete audio!

1. Care este volumul unei cărămizi?
2. Care este masa cărămizii?
3. Care este greutatea cărămizii?

4. Care este presiunea exercitată de cărămidă pe suprafaţa pe care se sprijină?

5. Presiunea asupra restului mesei şi asupra cărămizii datorată aerului atmosferic este de aproximativ 100.000 N/m^2 sau 10^5 N/m^2 .

6. Dacă acoperim întreaga masă cu asemenea cărămizi, care va fi presiunea exercitată asupra oricărei părţi din suprafaţa mesei (fig. 10.2.)?

7. Dacă aşezăm două cărămizi una peste alta, care va fi presiunea exercitată pe suprafaţa de sub ele?

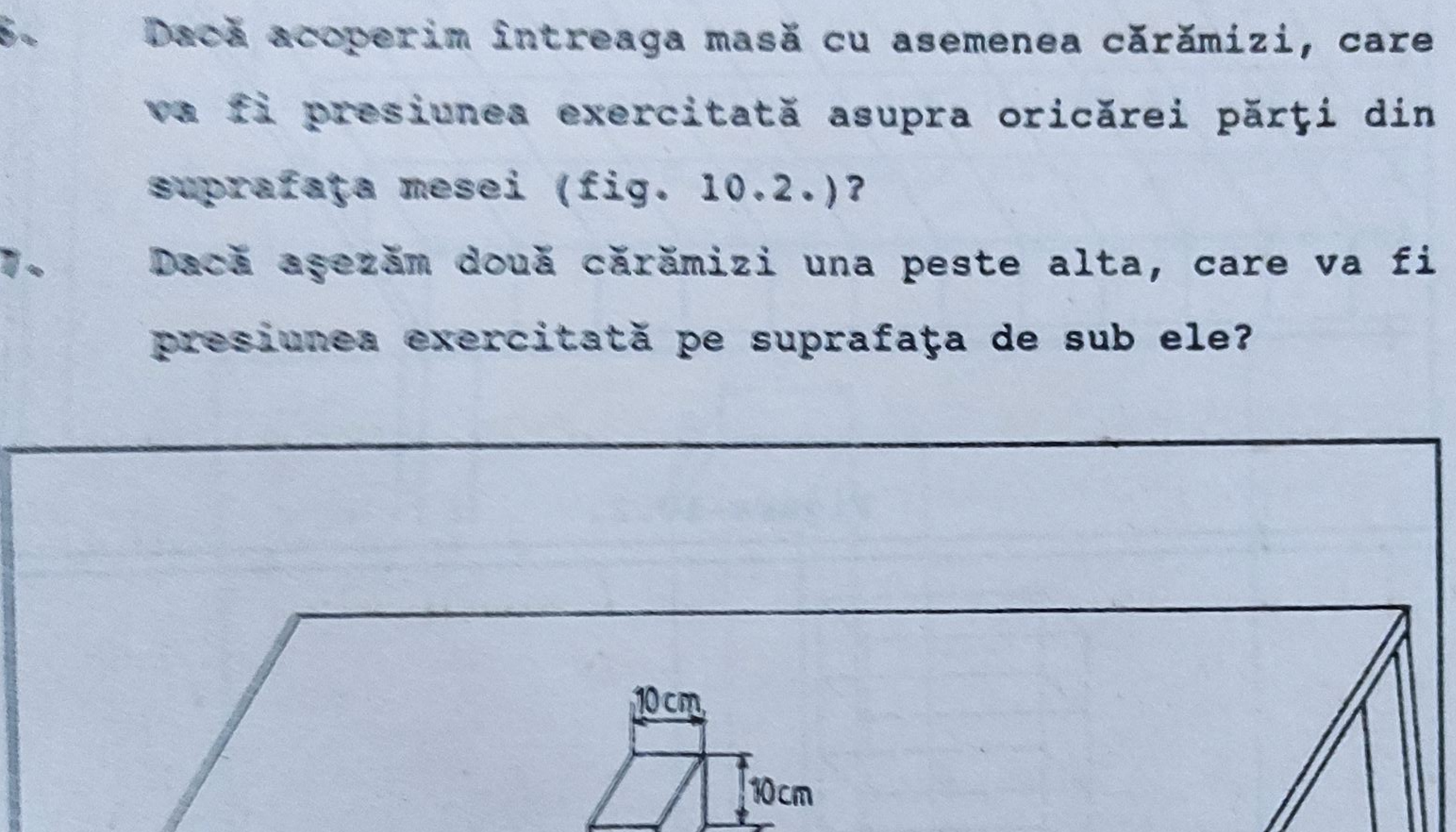


Figura 10.1.

8. Dar dacă aşezăm trei, cinci sau zece cărămizi una peste alta (fig. 10.3.)?

9. Ce puteţi spune despre presiunea exercitată de o cărămidă ruptă în jumătate şi cele două jumătăţi aşezate una peste cealaltă?

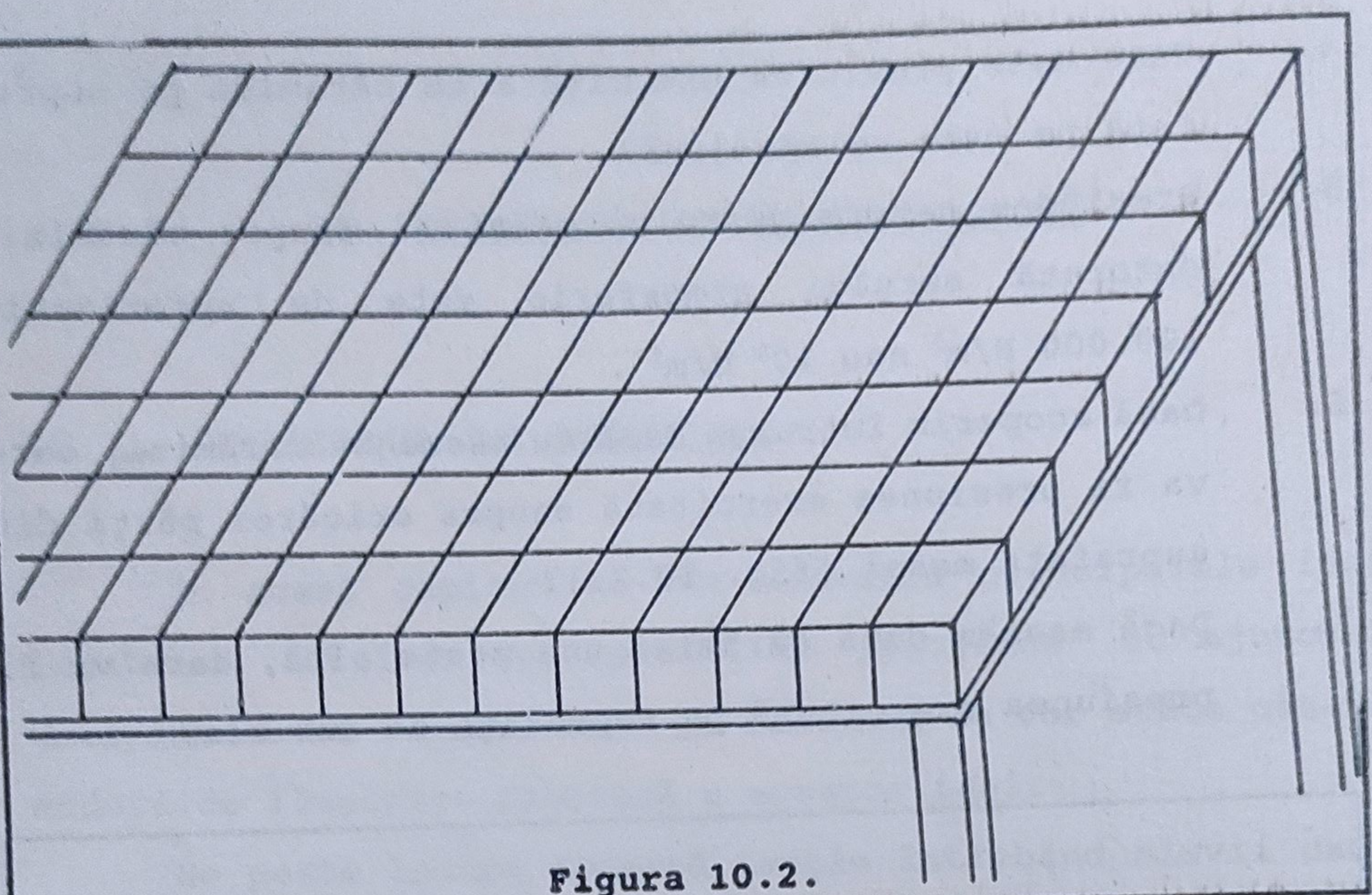


Figura 10.2.

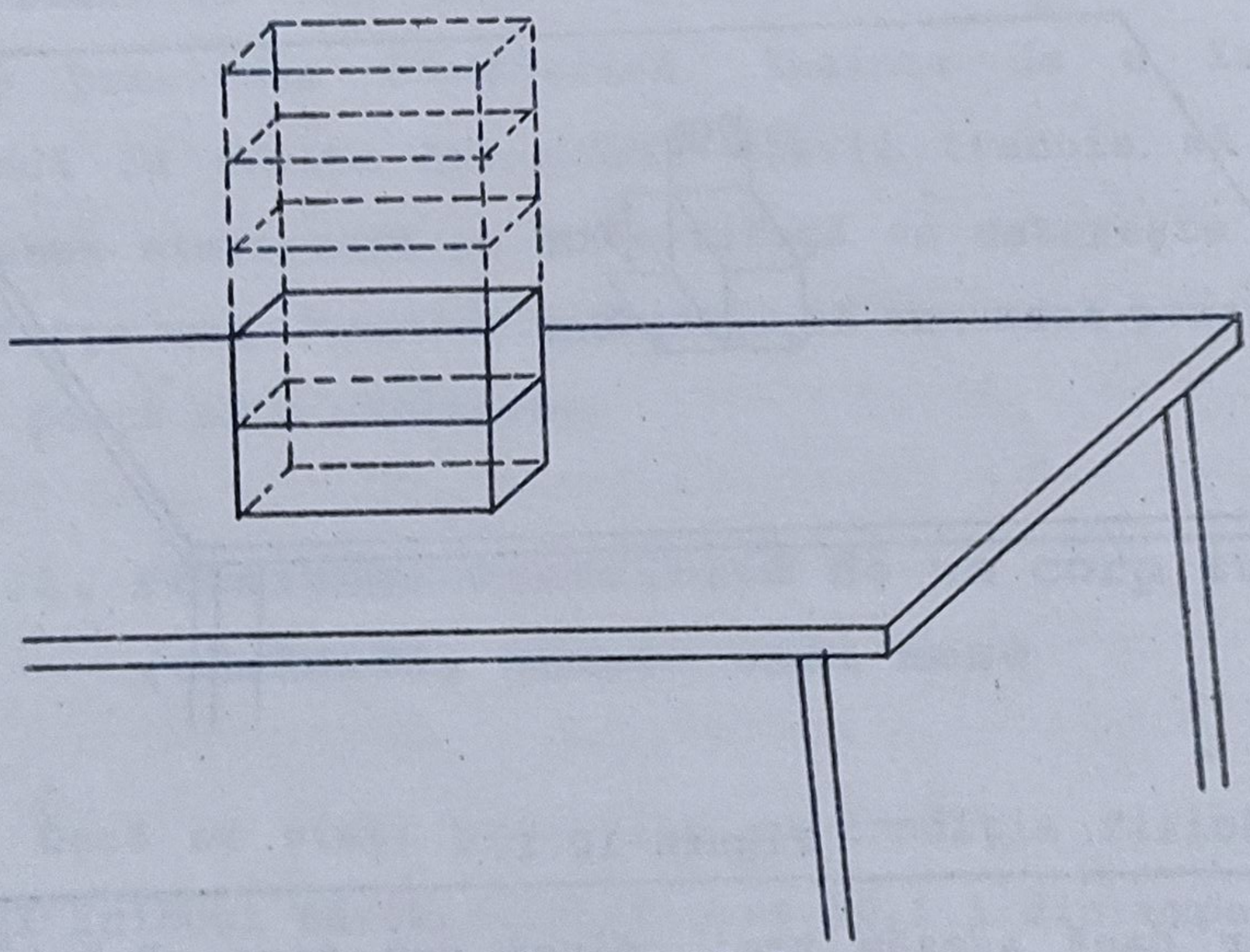


Figura 10.3.

10. Faceţi calculele necesare considerând lungimea cărămizii „a", lăţimea ei „b", înălţimea ei „h" iar densitatea materialului din care este construită cărămida „ρ".

10.2. PRESIUNEA ÎN INTERIORUL UNUI FLUID

10.2.1. Cauza apariţiei acestei presiuni

Imaginaţi-vă un bloc de gheaţă, cu densitatea ρ aşezat pe o masă (figura 10.4.).

1. Dacă blocul are suprafaţa de sprijin de arie $S = a \cdot b$ şi volumul $V = a \cdot b \cdot c$, exprimaţi masa, greutatea şi presiunea gheţii exercitată asupra mesei pe care stă.

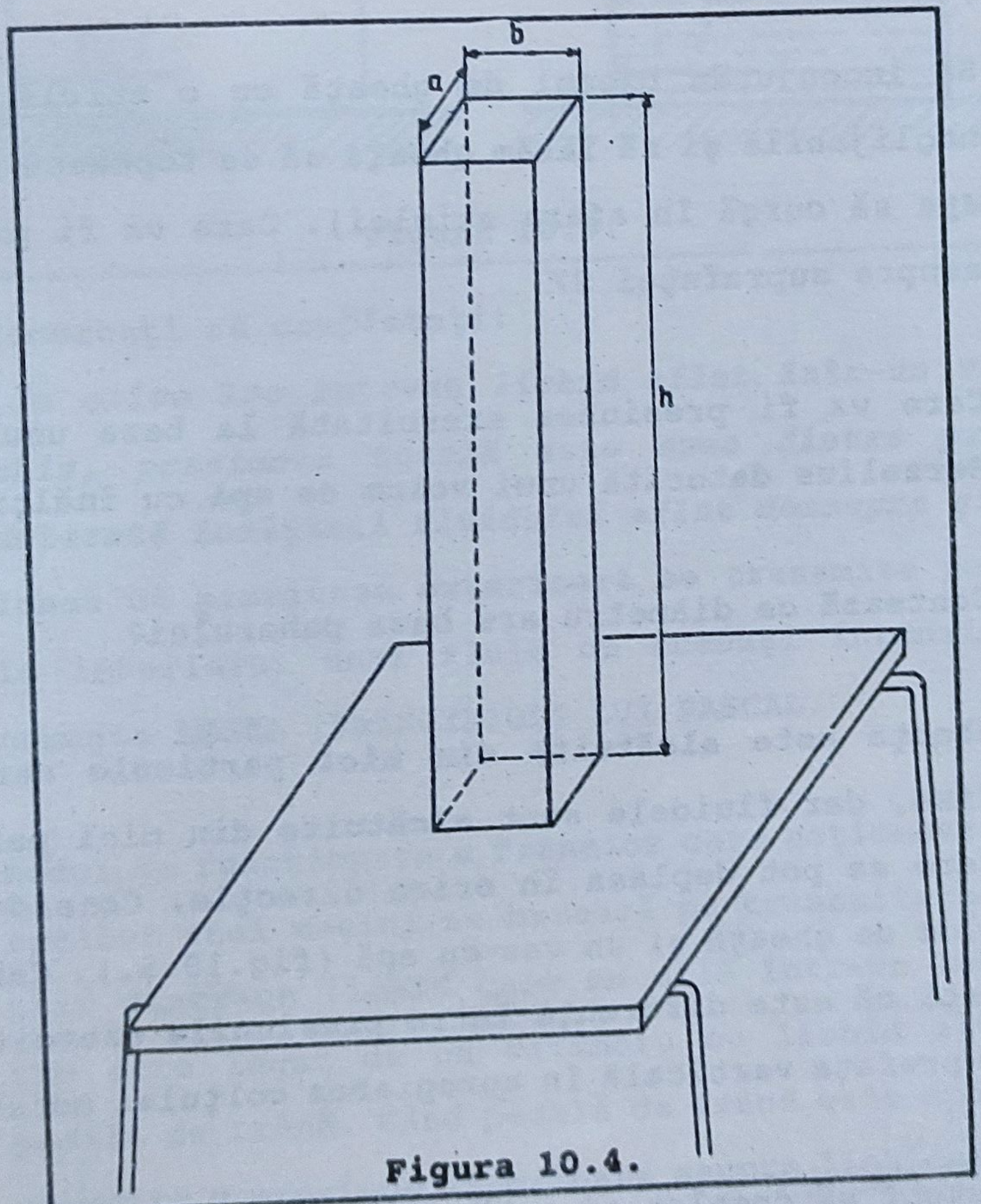


Figura 10.4.

2. De fapt, presiunea totală exercitată asupra suprafeţei S este suma dintre rezultatul vostru şi presiunea exercitată de aer asupra gheţii. Putem scrie:

$$p_t = p_o + p$$

unde: $\begin{cases} p_t : \text{presiunea totală} \\ p_o : \text{presiunea atmosferică} \\ p : \text{presiunea datorată gheţii.} \end{cases}$

3. Dacă blocul de gheaţă ar fi avut lăţimea de două ori mai mare (2b), care ar fi fost presiunea exercitată?

4. Să înconjurăm blocul de gheaţă cu o sticlă de masă neglijabilă şi să lăsăm gheaţa să se topească (fără ca apa să curgă în afara sticlei). Care va fi presiunea asupra suprafeţei S?

5. Care va fi presiunea exercitată la baza unui pahar Berzelius datorită unui volum de apă cu înălţimea h?

6. Contează ce diametru are baza paharului?

7. Gheaţa este alcătuită din mici particule care sunt fixe, dar fluidele sunt alcătuite din mici particule care se pot deplasa în orice direcţie. Considerăm un bloc de gheaţă şi un vas cu apă (fig.10.5.). Care credeţi că este diferenţa între presiunile exercitate pe suprafaţa verticală în apropierea colţului notat cu A?

8. Puteţi să completaţi următoarea propoziţie?

„Presiunea într-un anumit loc într-un fluid se exercită la fel în toate ..."

(Pentru că presiunea hidrostatică nu acţionează pe o anumită direcţie, ea este o mărime scalară).

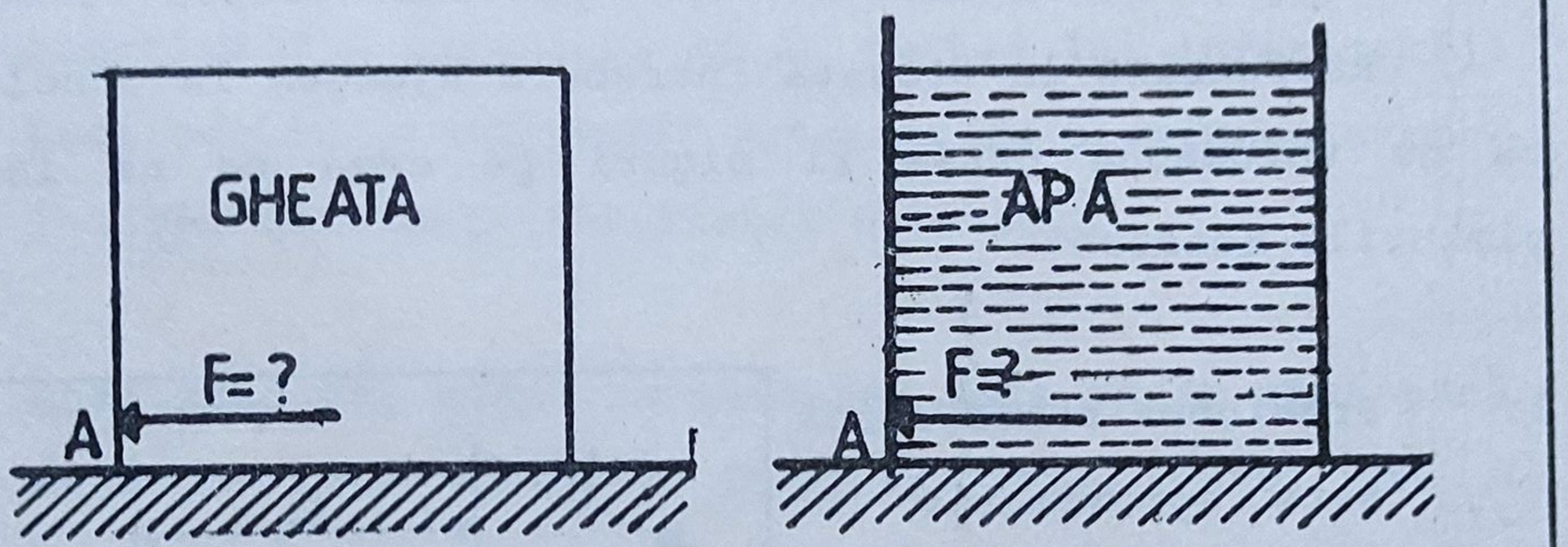


Figura 10.5.

9. Încercaţi să completaţi:

„În orice loc într-un lichid aflat într-un vas deschis, presiunea totală este suma dintre presiunea datorată înălţimii fluidului aflat deasupra şi ..."

Ideea că presiunea exterioară se transmite peste tot în interiorul unui fluid cu aceeaşi intensitate se numeşte LEGEA (PRINCIPIUL) LUI PASCAL.

10. Modul de funcţionare a frânelor care acţionează asupra roţilor unei maşini se bazează pe transmiterea presiunii dintr-un lichid care se află într-un tub. Acest tub este legat de un cilindru cu lichid situat sub pedala de frână. Când pedala de frână este apăsată, se exercită o presiune exterioară asupra lichidului, care se transmite la mecanismele de frânare de la fiecare

roată. Ce puteţi spune despre presiunile transmise la frâna roţii din dreapta şi a roţii din stânga?

De ce este util acest lucru?

10.2.2 Presiunea atmosferică

Simţiţi că se exercită vreo presiune asupra voastră?

Răspunzând la această întrebare ajungem la concluzia că nu totdeauna putem fi siguri pe ceea ce ne indică simţurile noastre!

1. Presiunea atmosferică este aproximativ 10^5 Pa sau 10^5 N/m^2. Încercaţi să estimaţi de câte ori această presiune este mai mare decât presiunea de sub talpa pantofului vostru, datorată propriei greutăţi!

2. Apreciaţi care este aria suprafeţei corpului vostru. Apoi calculaţi ce forţă exercită aerul asupra corpului vostru.
Ce masă ar avea un corp aflat în echilibru în aer sub acţiunea acestei forţe?

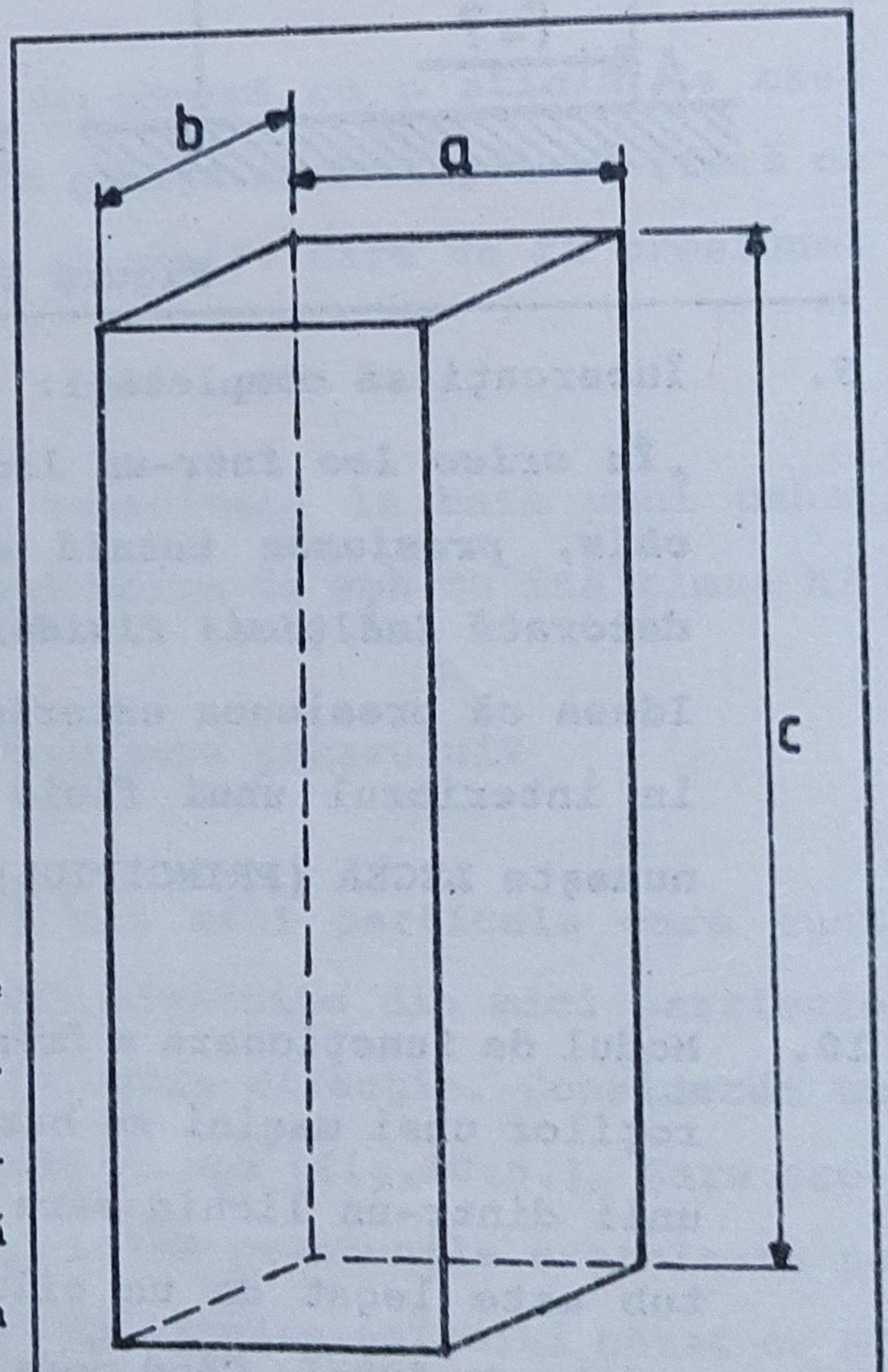


Figura 10.6.

3. Acum, pentru simplificarea problemei, imaginaţi-vă că aveţi forma unui paralelipiped (fig. 10.6.): Forţa este o mărime vectorială! Deci, ce puteţi spune despre forţa rezultantă care se exercită asupra voastră datorită acţiunii aerului (se presupune că presiunea atmosferică este aceeaşi şi la partea superioară a corpului, şi la partea lui inferioară). Deci suntem „comprimaţi" puternic de presiunea atmosferică, dar forţa rezultantă este zero.

4. Analizând mai atent fenomenele, ceea ce am spus până acum nu este adevărat în totalitate. Aerul are o densitate de aproximativ 1kg/m^3 (de fapt 1,3 kg/m^3), deci presiunea care se exercită asupra corpului diferă (datorită greutăţii aerului aflat între nivelul capului şi al picioarelor). Utilizând formula:

$$p = \rho \cdot g \cdot h,$$

încercaţi să aflaţi cu cât este mai mare presiunea exercitată asupra picioarelor faţă de presiunea exercitată asupra capului (va trebui să ştiţi ce înălţime aveţi).

Să presupunem că aria medie a unei secţiuni transversale a corpului vostru este de 300 cm^2. Care va fi diferenţa între mărimea forţei care împinge în jos partea voastră superioară, şi mărimea forţei care împinge în sus partea voastră inferioară?

5. Dacă săriţi într-un bazin de înot veţi fi înconjuraţi de un fluid cu densitatea mai mare decât densitatea

aerului. De câte ori este aceasta mai mare? Deci, care va fi forţa rezultantă aproximativă cu care apa acţionează asupra voastră?

6. Desenaţi o diagramă care să arate forţa ce acţionează asupra voastră dacă staţi nemişcaţi în apă. Forţa rezultantă exercitată de apă asupra voastră se numeşte FORŢĂ ARHIMEDICĂ.

10.2.3. Forţa arhimedică

1. Ce se întâmplă dacă vă răsturnaţi în apă (fig. 10.7.)? În ambele cazuri imaginaţi-vă că paralelipedul este înconjurat de un fluid cu densitatea ρ.

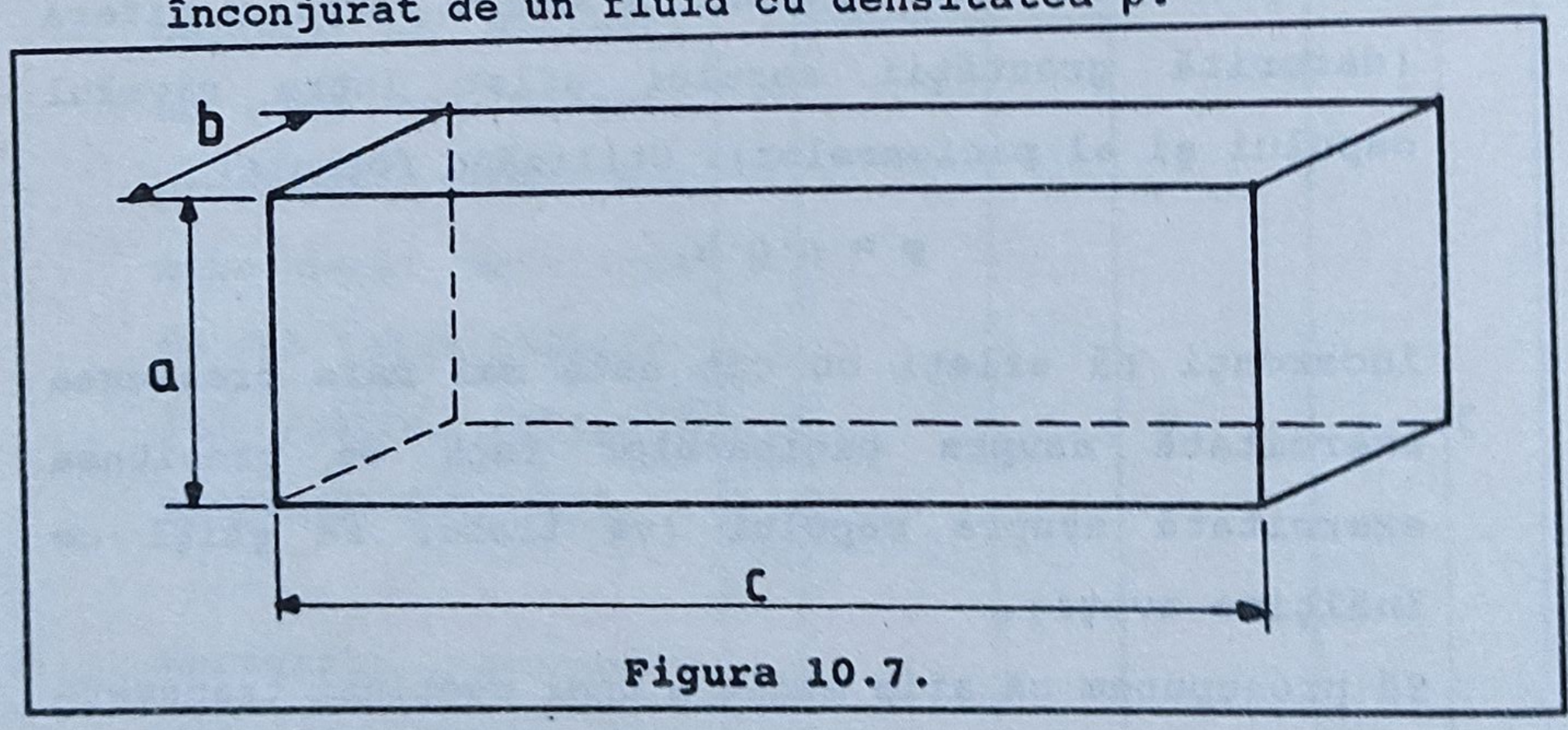


Figura 10.7.

2. Scrieţi, pentru fiecare caz, ecuaţia presiunii care împinge în sus partea inferioară a blocurilor. Scrieţi ecuaţia presiunii care împinge în jos partea superioară a blocurilor. Apoi calculaţi forţa arhimedică.

3. Volumul blocului este produsul abc. Ce reprezintă produsul $\rho \cdot V$? Ce reprezintă produsul $\rho \cdot V \cdot g$?

încercaţi să completaţi următoarea propoziţie: „Oricum am roti un corp aflat în interiorul unui fluid, forţa arhimedică este egală cu.....”

Acesta se numeşte PRINCIPIUL LUI ARHIMEDE.

10.2.4. Întrebări despre presiune şi presiune hidrostatică

1.a. Diferenţa dintre presiunea sângelui din vasele sanguine situate în partea superioară a plămânilor şi presiunea sângelui din vasele situate în partea inferioară a plămânilor este de aproximativ 1,3 kPa. Dacă sângele are densitatea aproximativ egală cu cea a apei $\rho=10^3 kg/m^3$ ce înălţime are un plămân?

1.b. Dacă diferenţa de presiune ar rămâne aceeaşi dar sângele ar avea o densitate de 13,6 mai mare (ca mercurul), cât de înalt ar trebui să fie un vas de sânge din plămâni?

2. O sticlă cu dop, plină cu apă, este pusă pe o masă. Apoi, cu grijă, Ionel o întoarce cu gura în jos şi o aşează în echilibru pe masă. El spune că greutatea sticlei cu apă este aceeaşi în ambele cazuri, dar aria de sprijin este mult mai mică în al doilea caz, deci presiunea exercitată asupra mesei este mult mai mare. Bogdan nu este de acord cu el. El spune că înălţimea apei este aceeaşi în ambele cazuri şi presiunea depinde doar de înălţime. Cine are dreptate? De ce?

3. Gabi vrea să demonstreze ideea că presiunea exercitată la baza unui tub plin cu lichid nu depinde de diametrul sau forma tubului. Pentru aceasta el foloseşte trei vase diferite având aceeaşi arie a bazei. Le umple pe toate cu apă până la aceeaşi înălţime. Gabi spune că presiunea exercitată asupra bazei fiecărui vas este aceeaşi, şi aria bazei este aceeaşi, deci vor etala aceeaşi valoare când sunt aşezate pe o balanţă. Voi ce credeţi?

4. Măsuraţi sau apreciaţi forţa necesară pentru a scoate dopul dintr-o sticlă de şampanie goală (figura 10.8.). Măsuraţi aria dopului. Calculaţi ce presiune este într-o sticlă de şampanie care a fost agitată dacă dopul sare fără a fi tras. Împărţiţi forţa estimată la aria dopului. Încercaţi să explicaţi de ce presiunea creşte când sticla este agitată.

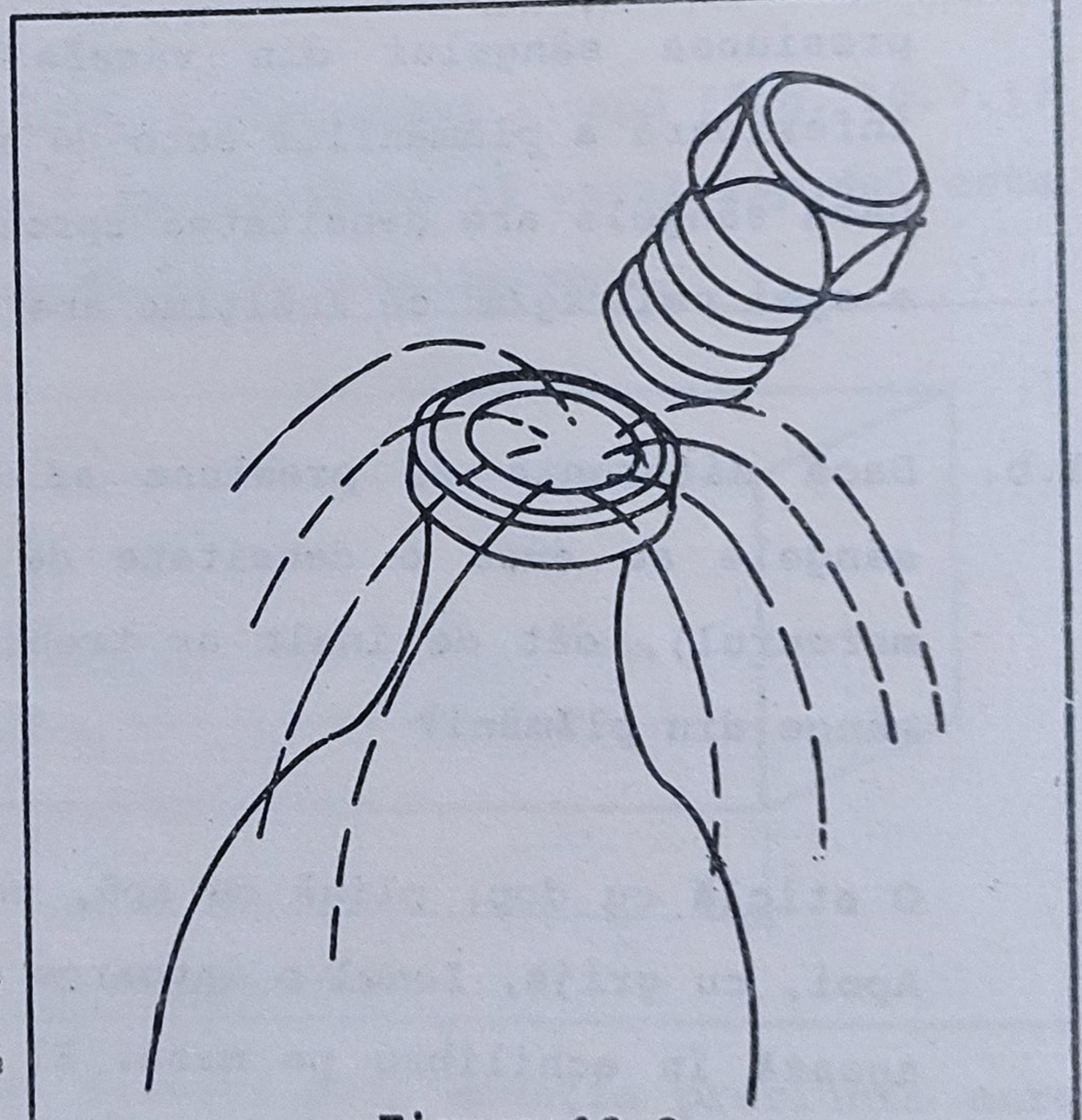


Figura 10.8.

5. Când un scafandru se scufundă foarte adânc creşterea presiunii provoacă dizolvarea aerului în sângele său. Puteţi să vă închipuiţi ce s-ar întâmpla dacă scafandrul s-ar întoarce rapid la suprafaţă? Bulele de aer din sânge sunt foarte periculoase. Din acest motiv mulţi scafandri care s-au întors brusc la suprafaţă au murit.

10.2.5. Experimente demonstrative la capitolul presiune hidrostatică şi presiune atmosferică

Există un mare număr de experimente demonstrative care pot fi utilizate de profesor pentru a ilustra un principiu sau pentru a-l ajuta în explicaţii. Noi recomandăm următoarele experimente pentru că elevii pot fi solicitaţi a găsi singuri explicaţii la fenomenele observate.

1. Experimente cu ajutorul manometrului: se va urmări acţiunea presiunii în toate direcţiile şi variaţia acesteia cu adâncimea (figura 10.9.).

2. Curgerea jetului de lichid prin găuri mici, identice, practicate la diferite înălţimi într-un vas (figura 10.10.). Unde este mai mare viteza de curgere şi de ce?

3. Se introduce o lumânare aprinsă într-un vas cu apă (figura 10.11.). Se aşează deasupra ei un pahar cu gura în jos. După un timp lumânarea se stinge şi apa se ridică în pahar. De ce?

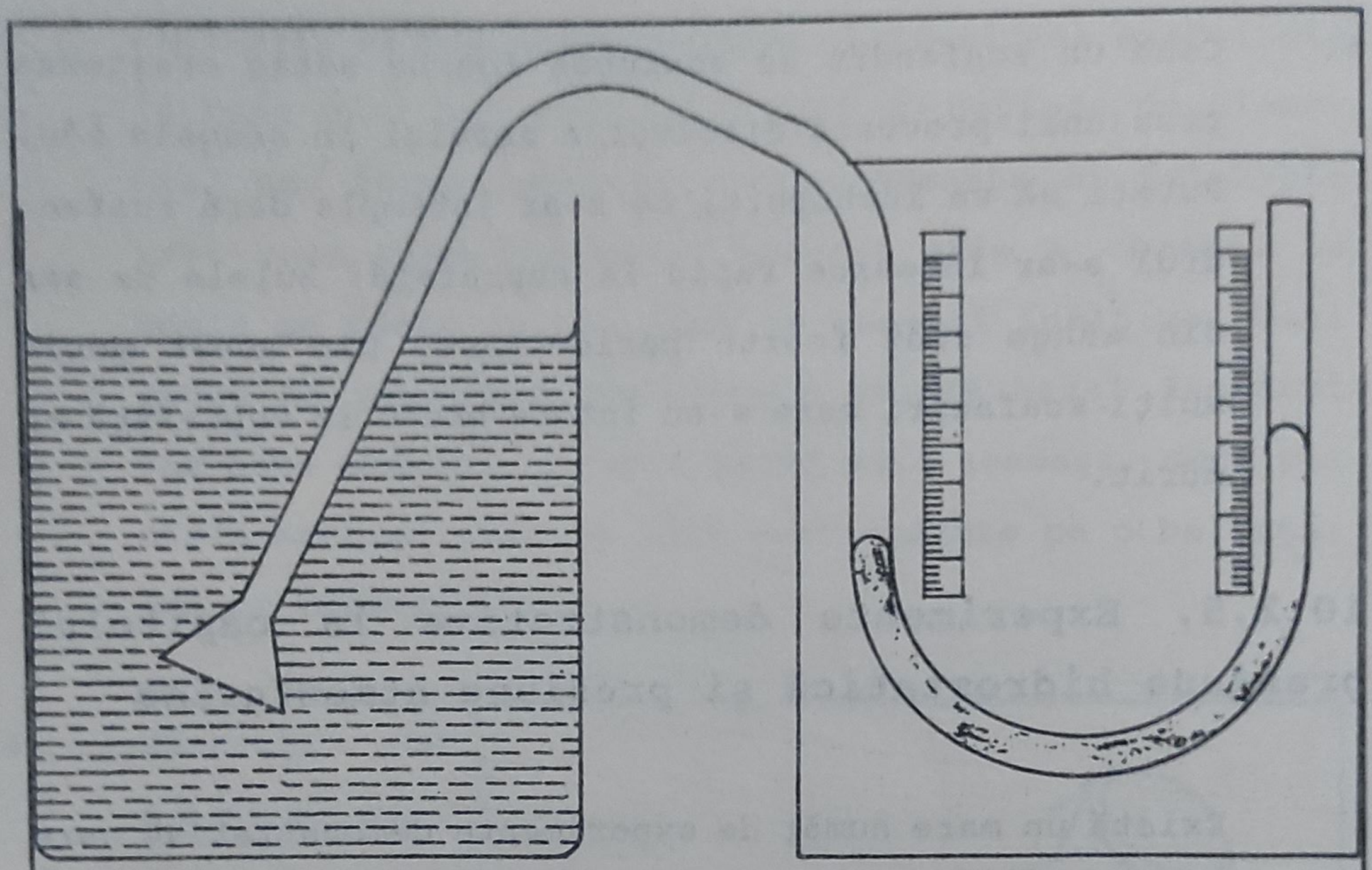


Figura 10.9.

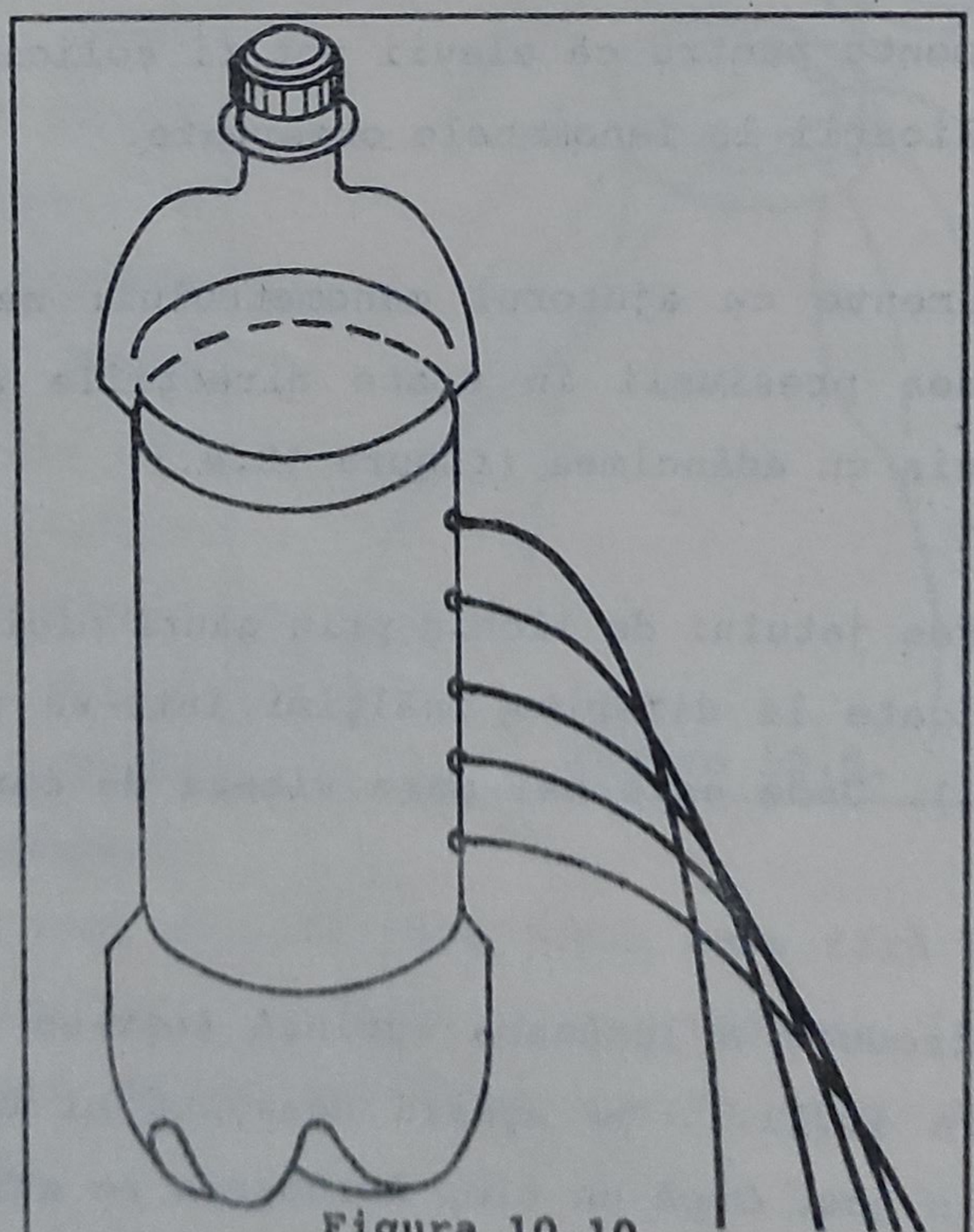


Figura 10.10.

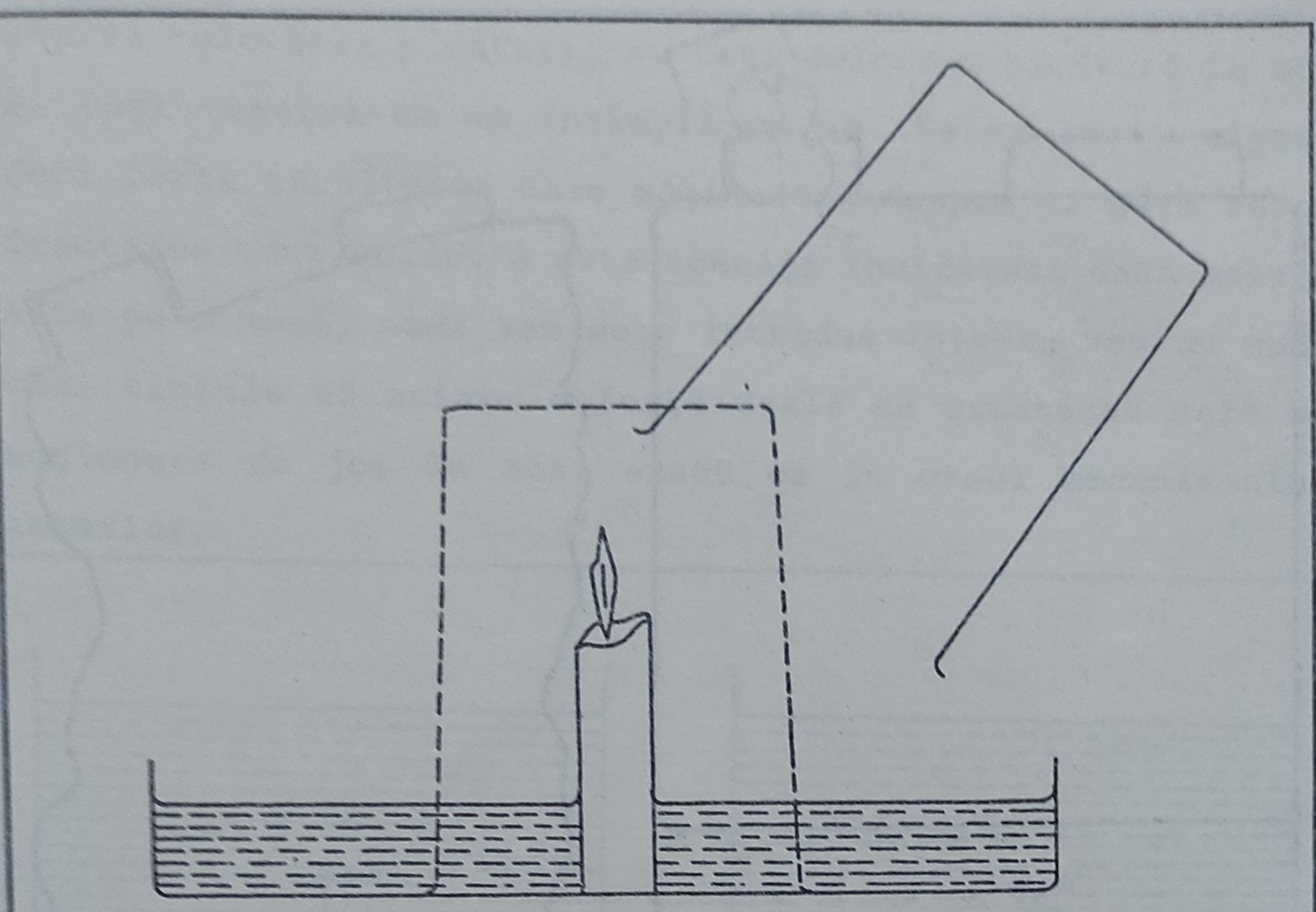


Figura 10.11.

4. Cum puteţi goli apa dintr-un vas într-un pahar fără a mişca vasul dacă aveţi la îndemână un tub de cauciuc? (Se introduce tubul în vas, se trage cu gura apa din vas prin tub şi se dă drumul acesteia în pahar. Se va observa că apa continuă să scurgă singură dacă nivelul paharului este sub nivelul apei din vas.) Explicaţi cele observate!

5. Luaţi o canistră metalică (figura 10.12.) sau o cutie de ness care se poate închide ermetic. Turnaţi puţină apă pe fundul ei şi încălziţi-o până când aceasta fierbe puternic. Astupaţi canistra cu capacul ei şi aşteptaţi să se răcească. Treptat, canistra se „strânge". De ce?

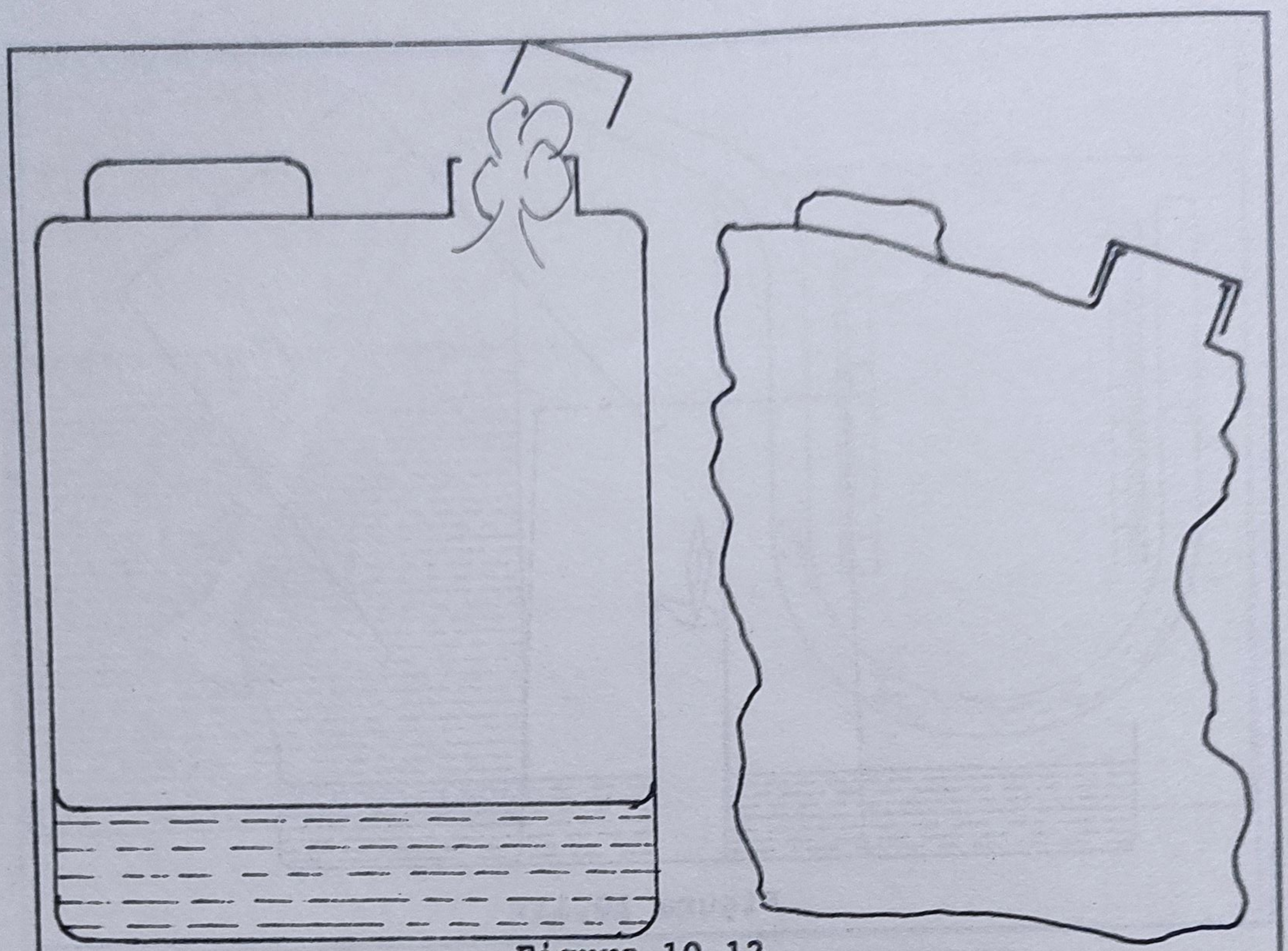


Figura 10.12.

10.2.6. Un alt mod de a înţelege cum apare forţa arhimedică

Imaginaţi-vă că aveţi o picătură de ploaie şi, cu un mecanism special, o ţineţi în faţa voastră. Apoi o lăsaţi liberă din acel mecanism. Ea va cădea deoarece există o forţă care o trage spre Pământ numită GREUTATE. Înainte de a o lăsa liberă picătura nu a căzut deoarece acel mecanism special a acţionat asupra ei cu o forţă egală cu greutatea dar în sens opus, în sus.

Acum utilizaţi din nou mecanismul pentru a introduce picătura în mijlocul unui vas plin cu apă (figura 10.13.a.). Este cam dificil să urmăriţi picătura în continuare, deci va trebui să presupuneţi că utilizaţi un instrument special

pentru colorarea picăturilor. Veţi colora o picătură în mov şi veţi observa ce se întâmplă cu ea. Ea nu se va mişca, deci forţa rezultantă care acţionează asupra ei este zero. Greutatea unui obiect G este aceeaşi indiferent dacă acesta este pe o masă, cade sau este introdus într-un vas cu apă; deci trebuie să existe o forţă egală cu greutatea care să acţioneze de jos în sus, exact ca în cazul mecanismului anterior.

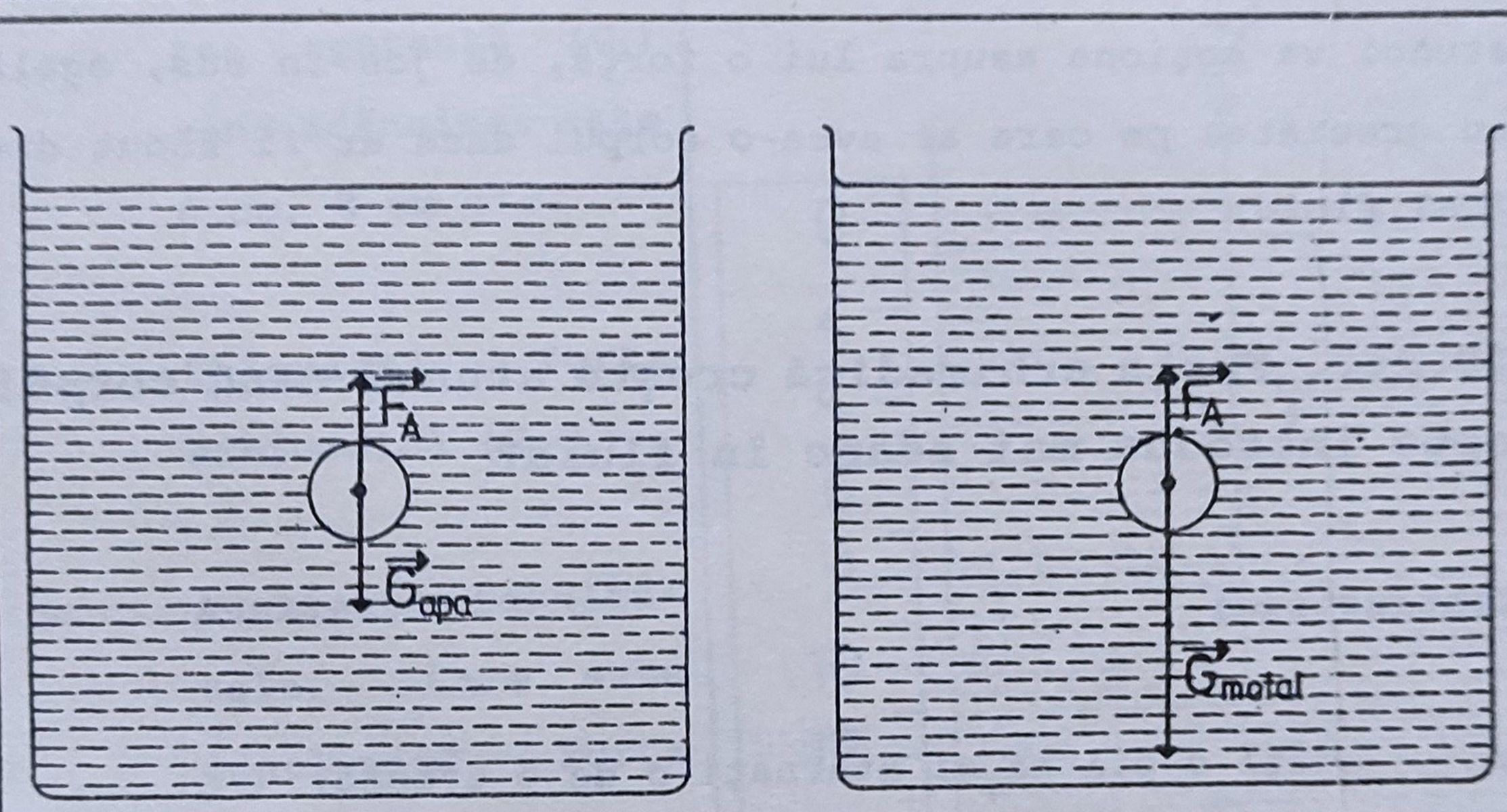


Figura 10.13.

Să efectuăm acelaşi experiment cu diferite picături. Dacă punem o picătură cu aceeaşi formă şi aceleaşi dimensiuni în aceeaşi poziţie în apă, dar picătura este roşie, forţa exercitată de jos în sus asupra ei este aceeaşi. Şi pentru picături verzi sau galbene, forţa este aceeaşi.

Dacă veţi face din metal o formă de aceleaşi dimensiuni ca şi picătura de ploaie şi o veţi introduce exact în acelaşi loc în apă (figura 10.13.b.), ce se va întâmpla? Dar dacă picătura ar fi fost din plastic sau piatră? (Aceeaşi

forţă va acţiona de jos în sus pentru că lichidul nu are de unde „să ştie" că am schimbat apa de ploaie cu un metal.)

Această forţă care acţionează de jos în sus asupra unui corp scufundat într-un fluid se numeşte FORŢĂ ARHIMEDICĂ. Dacă corpul este scufundat în apă, atunci forţa arhimedică este egală cu greutatea pe care ar avea-o acel corp dacă ar fi făcut din apă. În cazul altui fluid se poate spune acelaşi lucru: dacă se scufundă un corp într-un fluid atunci va acţiona asupra lui o forţă, de jos în sus, egală cu greutatea pe care ar avea-o corpul dacă ar fi făcut din acel fluid.

10.2.7. Forţa arhimedică creşte atunci când corpul este introdus mai adânc în fluid?

Instrucţiuni

1. Luaţi o piatră şi atârnaţi-o de o sfoară.

2. Agăţaţi celălalt capăt al sforii de un dinamometru.

3. Ridicaţi dinamometrul şi măsuraţi greutatea pietrei.

4. Ţineţi dinamometrul deasupra unui vas cu apă şi introduceţi complet piatra în apă astfel încât mijlocul pietrei să fie la 4 cm adâncime faţă de suprafaţă (vezi figura 10.14.).

5. Notaţi adâncimea (4 cm).

6. Notaţi noua indicaţie a dinamometrului (G_A). Vom numi această forţă - greutatea aparentă a corpului în apă.

7. Acum notaţi greutatea aparentă (G_A) când adâncimea este 6 cm, 8 cm etc.

8. Calculaţi forţa arhimedică ($G-G_A$).

9. Analizaţi rezultatele. Care este concluzia? Forţa arhimedică creşte sau scade cu adâncimea?

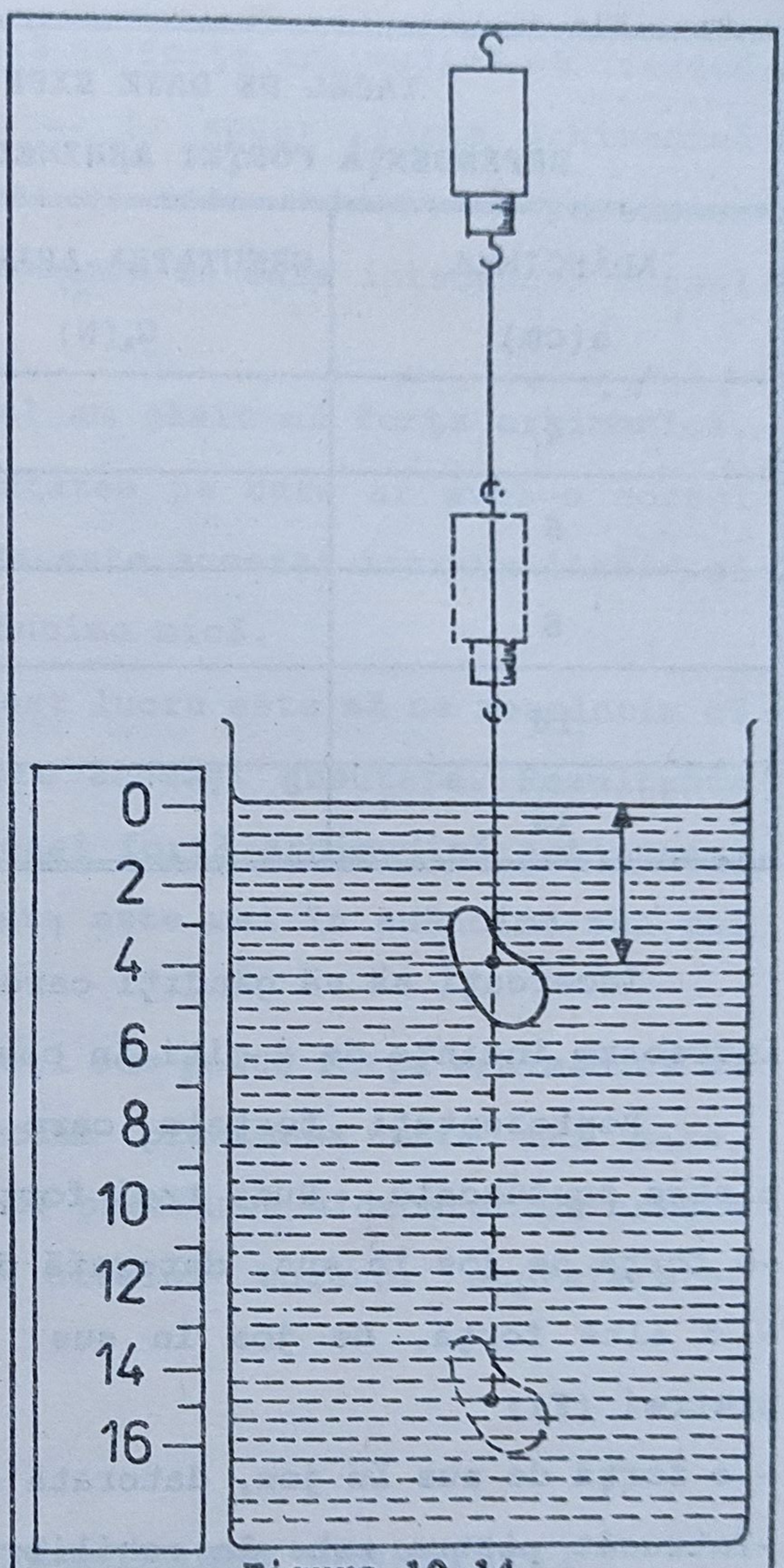


Figura 10.14.

Rezultatele le veţi trece într-un tabel de date alcătuit după modelul de la pagina 196.

Generalizare

Din aceste experimente, puteţi trage o concluzie valabilă pentru toate corpurile şi toate lichidele, privind modul în care forţa arhimedică depinde de adâncime?

TABEL DE DATE EXPERIMENTALE

DEPENDENŢA FORŢEI ARHIMEDICE DE ADÂNCIME

ADÂNCIMEA a(cm)	GREUTATEA APARENTĂ G_A(N)	FORŢA ARHIMEDICĂ F (N)
4		
6		
8		
10		
12		

Încercaţi să vă gândiţi care este răspunsul corect la întrebare înainte de a citi în continuare.

Reprezentaţi forţele care acţionează asupra unei pietre scufundate. Sunt trei forţe:

-o forţă de jos în sus, datorată dinamometrului (G_A);

- o altă forţă, de jos în sus datorată apei din jurul pietrei (F);

- o forţă de sus în jos, datorată atracţiei Pământului (G).

-Întrucât piatra este în echilibru rezultă că $G = G_A + F$, ceea ce permite calcularea forţei arhimedice: $F = G - G_A$.

De ce adâncimea nu infuenţează valoarea forţei arhimedice?

Puteţi să gândiţi răspunsul la întrebarea: De ce forţa arhimedică este aceeaşi când corpul este la diferite adâncimi în fluid?

Mulţi elevi se aşteaptă ca forţa arhimedică să crească atunci când adâncimea creşte. Ei spun: „Forţa arhimedică este datorată presiunii apei şi este evident că presiunea apei este mai mare când adâncimea la care introducem corpul este mai mare!"

În experimentul mintal am găsit că forţa arhimedică, în apă, este egală cu greutatea pe care ar avea-o corpul dacă ar fi făcut din apă. Ea este aceeaşi într-un lichid şi la adâncime mare, şi la adâncime mică.

Alt mod de a gândi acest lucru este să ne reamintim că $1cm^3$ de apă în echilibru are aceeaşi greutate. Rezultanta fiind zero, deducem că aceeaşi forţă arhimedică acţionează asupra lui, chiar dacă acesta este mai în adâncime sau mai la suprafaţă.

Dacă vreţi să înţelegeţi cum poate forţa arhimedică să fie aceeaşi când la adâncime presiunea este mai mare, trebuie să înţelegeţi clar că presiunea hidrostatică creşte cu aceeaşi cantitate la nivelul tuturor suprafeţelor corpului.

10.3. METODE PENTRU DETERMINAREA DENSITĂŢII

10.3.1. Determinarea densităţii relative a unui corp solid faţă de un lichid

Instrucţiuni

1. Luaţi o piatră şi legaţi-o de o sfoară.

2. Reţineţi ce piatră aţi folosit, eventual însemnaţi-o, deoarece o veţi folosi şi în următorul experiment.
3. Agăţaţi celălalt capăt al sforii de un dinamometru.
4. Măsuraţi cu dinamometrul greutatea pietrei (G).
5. Ţineţi dinamometrul deasupra unui vas cu apă şi scufundaţi piatra în întregime în apă.
6. Notaţi noua indicaţie a dinamometrului (G_A), greutatea aparentă în apă.

TABEL DE DATE EXPERIMENTALE: DETERMINAREA DENSITĂŢII RELATIVE A CORPURILOR				
CORPUL	G GREUTATEA (N)	G_A GREUTATEA APARENTĂ (N)	$F=G-G_A$ FORŢA ARHIMEDICĂ (N)	$\rho=G/F$ DENSITATEA RELATIVĂ
prima piatră				
aII-a piatră				

7. Calculaţi forţa arhimedică $F = G - G_A$.
8. Acum calculaţi G/F. Acest raport este dependent de densitatea relativă a pietrei faţă de apă.
9. Densitatea relativă a pietrei faţă de apă este o mărime care ne arată „de câte ori piatra este mai densă decât apa".

$$\rho_{rel} = \frac{\rho_{piatra}}{\rho_{apa}}$$

în fizică, la fel ca şi în viaţa de toate zilele, comparăm adesea mărimi de acelaşi fel. De exemplu: „De câte ori este mai mare populaţia Bucureştiului decât cea a Iaşului?" - adică 2,5 milioane/500.000 = 5 ori şi, asemănător, putem să calculăm de câte ori este mai mare densitatea pietrei decât densitatea apei. Acest raport este tocmai densitatea relativă a pietrei faţă de apă.

Densitatea relativă nu are unităţi de măsură, este un număr. Când împărţiţi două mărimi fizice de acelaşi fel unităţile de măsură se simplifică şi obţineţi un număr fără unităţi. Se spune că densitatea relativă este o mărime ADIMENSIONALĂ.

10. De ce densitatea relativă este egală cu raportul G/F? Reamintiţi-vă experimentul mintal. F este egală cu greutatea fluidului care are acelaşi volum cu al pietrei. G este greutatea ACELUIAŞI VOLUM de piatră. Deci avem volume egale ale celor două materiale, piatră şi apă. De ce 1 cm^3 de piatră are greutatea mai mare decât 1 cm^3 de apă? Volumele sunt aceleaşi, planeta pe care se află corpul şi apa este aceeaşi (g este acelaşi), deci de ce G este mai mare decât F? (Deoarece piatra are densitatea mai mare decât apa). Să calculăm de câte ori G este mai mare decât F:

$$\frac{G}{F}=\frac{m_{corp}\cdot g}{m_{apa}\cdot g}=\frac{\rho_{corp}\cdot V\cdot g}{\rho_{apa}\cdot V\cdot g}=\frac{\rho_{corp}}{\rho_{apa}}=\rho_{rel.}$$

11. Repetaţi experimentul cu diferite pietre.

10.3.2. Determinarea densităţii relative a plastilinei

Instrucţiuni

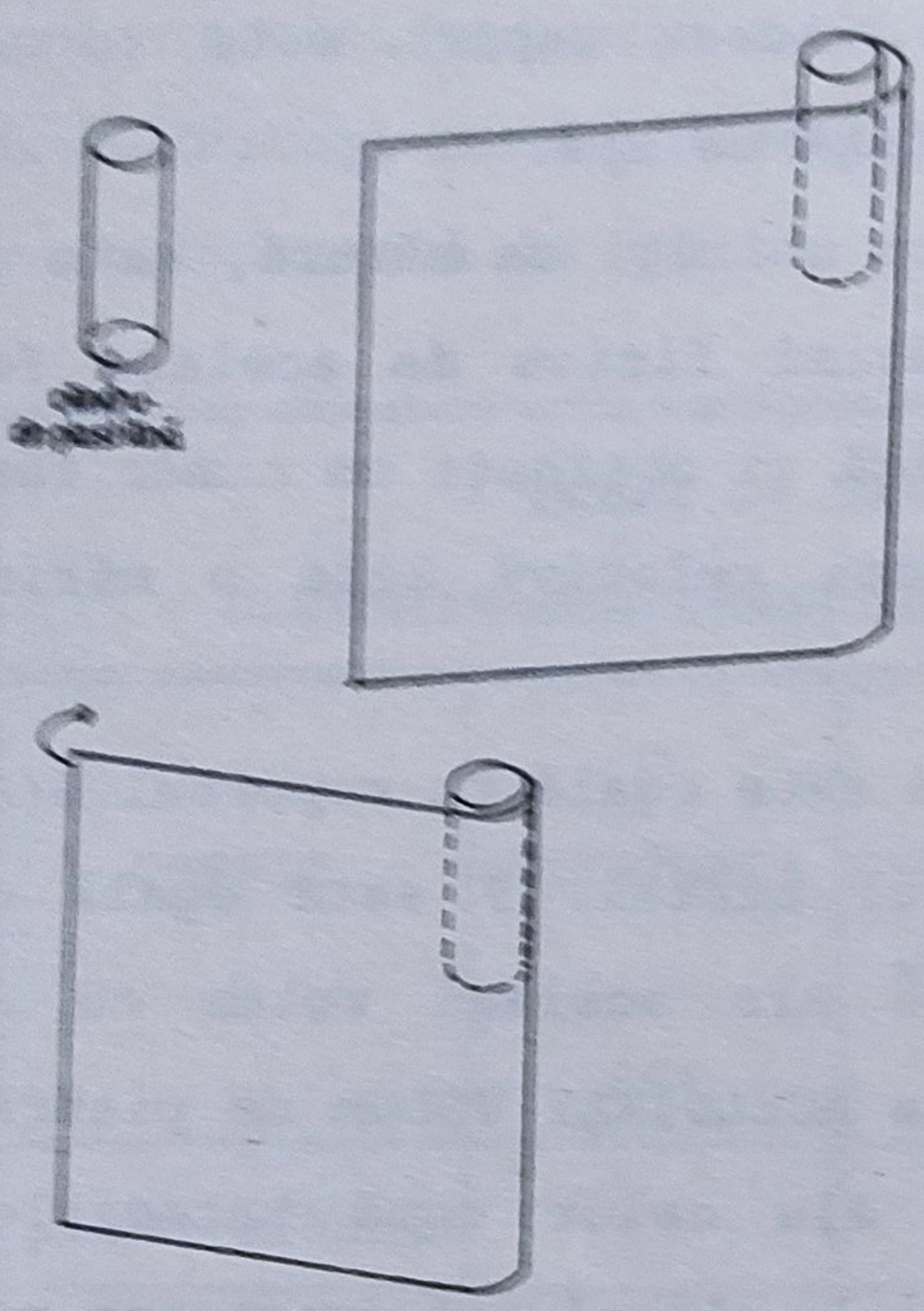


Figura 10.15.

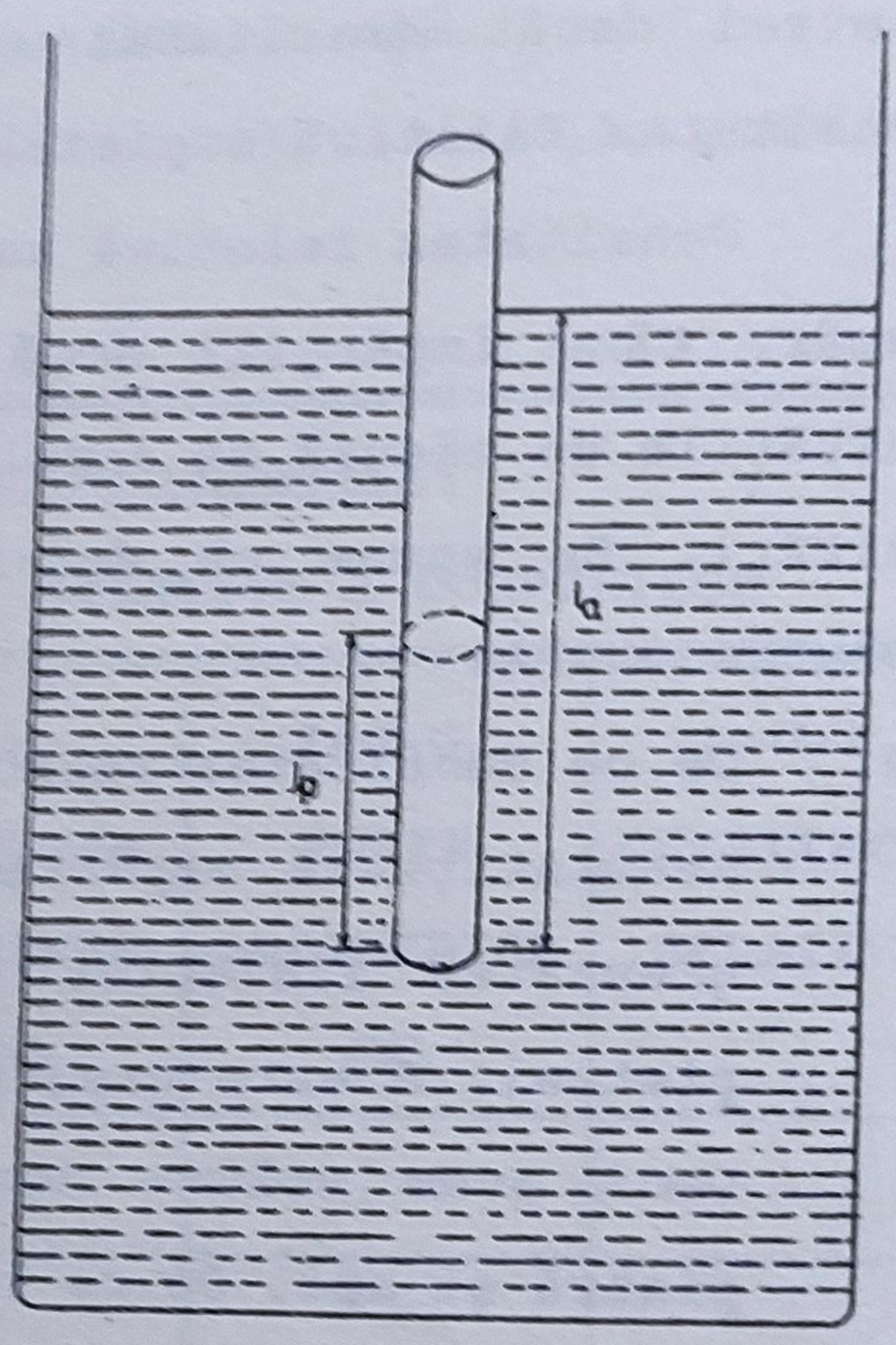


Figura 10.16.

1. Luaţi o bucată de plastilină şi modelaţi-o sub forma unui cilindru cu lungimea egală cu aproximativ jumătate din lungimea stiloului vostru, şi cu diametrul de aproximativ 1cm. (vezi figura 10.15.)

2. Luaţi o bucată de hârtie cu dimensiunile 20cm pe 12cm.

3. Rulaţi hârtia având plastilina la un capăt; veţi obţine un cilindru de aproximativ 20cm lungime.

4. Va trebui să rulaţi hârtia strâns lângă plastilină şi chiar să utilizaţi lipici pentru a realiza un cilindru bine etanşat.

5. Asiguraţi-vă că plastilina acoperă un capăt al cilindrului astfel încât lichidul să nu poată pătrunde între plastilină şi hârtie.

6. Măsuraţi lungimea plastilinei.

7. Aşezaţi cu grijă cilindrul într-un vas cu apă (figura 10.16.).

8. Măsuraţi cu atenţie lungimea aflată sub nivelul apei, pe care o vom numi lungimea apei.

TABEL DE DATE EXPERIMENTALE:
DETERMINAREA DENSITĂŢII RELATIVE A PLASTILINEI

MĂSURĂTORI	„LUNGIMEA PLASTILINEI" l_p(cm)	„ÎNĂLŢIMEA APEI" l_a(cm)	DENSITATEA RELATIVĂ $\rho_{rel}=l_a/l_p$
1			
2			
3			
MEDIA			

9. Repetaţi de câteva ori măsurarea lungimii cilindrului aflat sub apă.

10. Calculaţi densitatea relativă a plastilinei cu relaţia $\rho_{rel} = l_a/l_p$. Arătaţi singuri de ce densitatea relativă a plastilinei este egală cu l_a/l_p.

10.3.3. Determinarea densităţii relative a uleiului

Instrucţiuni

1. Folosiţi acelaşi cilindru pe care l-aţi utilizat pentru a determina densitatea relativă a plastilinei. Asiguraţi-vă că este uscat şi că lichidul nu poate pătrunde între plastilină şi hârtie.
2. Introduceţi cilindrul într-un vas cu ulei (figura 10.17.).

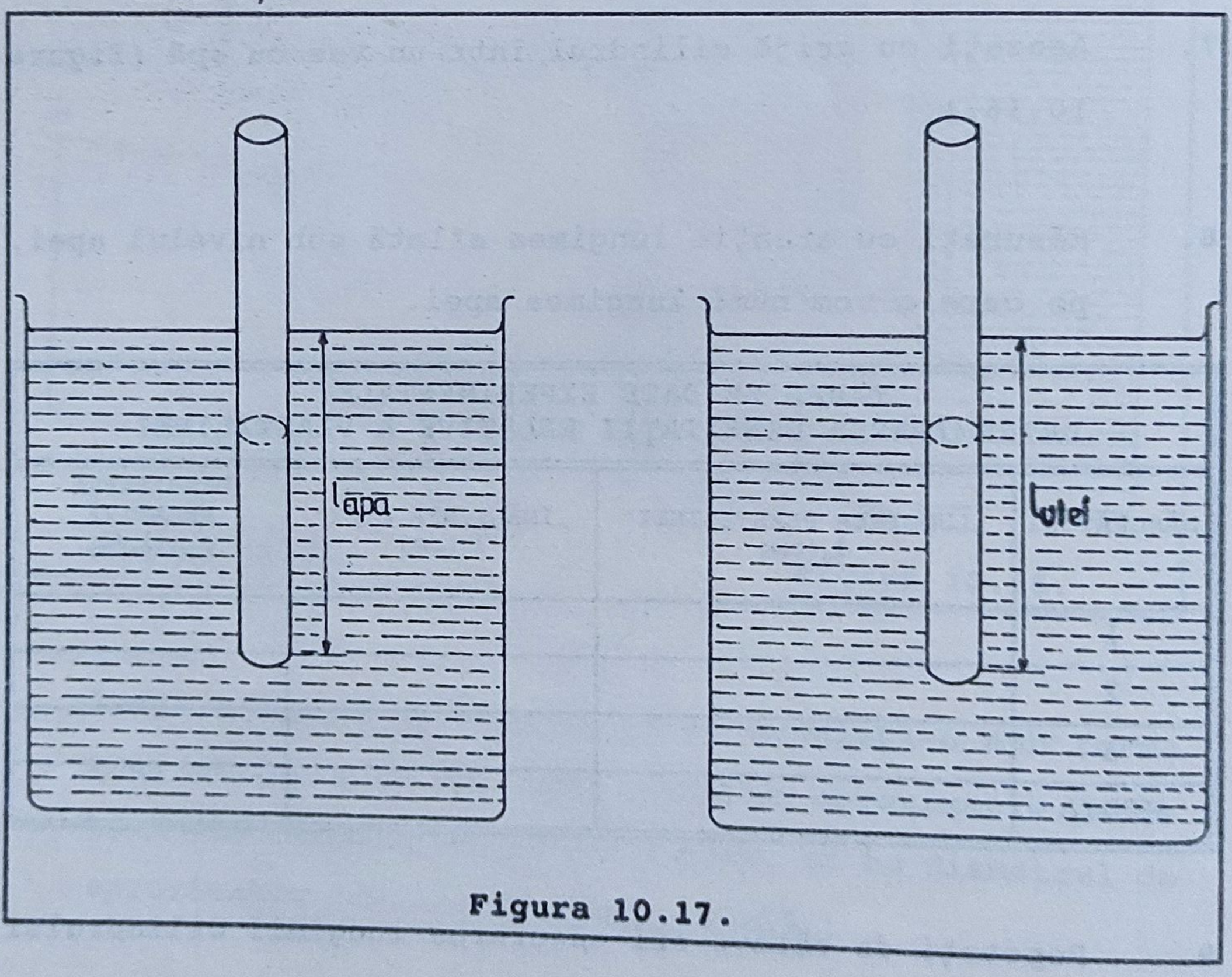


Figura 10.17.

3. Măsuraţi lungimea cilindrului aflat sub nivelul uleiului; o vom numi înălţimea uleiului.
4. Acum repetaţi măsurătorile lungimii porţiunii scufundate în apă şi în ulei.

5. Calculaţi înălţimea medie în apă şi în ulei.

TABEL DE DATE EXPERIMENTALE: DETERMINAREA DENSITĂŢII RELATIVE A ULEIULUI			
MĂSURĂTORI	„ÎNĂLŢIMEA APEI" $l_{apă}$ (cm)	„ÎNĂLŢIMEA ULEIULUI" l_{ulei} (cm)	DENSITATEA RELATIVĂ A ULEIULUI $\rho_{rel.ulei}=l_{apă}/l_{ulei}$
1			
2			
3			
MEDIA			

6. Calculaţi densitatea relativă a uleiului $\rho_{rel.ulei}=l_{apă}/l_{ulei}$

Un instrument care pluteşte într-un lichid şi care permite măsurarea densităţii acelui lichid se numeşte DENSIMETRU sau AREOMETRU. Acest instrument se utilizează în procesul de fabricaţie a vinului şi a berii: densitatea lichidului se modifică permanent şi când aceasta atinge o anumită valoare vinul trebuie pus în sticle. Densimetrele se utilizează şi la măsurarea densităţii acidului sulfuric din acumulatorii auto.

7. De ce densitatea relativă a uleiului este egală cu $l_{apă}/l_{ulei}$?

10.3.4. Comparaţie între rezultate obţinute prin metode diferite

Dacă aveţi destul timp, puteţi să măsuraţi densitatea pietrei, plastilinei şi uleiului cu metoda cunoscută din clasa a VI-a şi discutaţi care metodă este mai bună.

Instrucţiuni

1. Măsuraţi masa primei pietre din experimentul 10.8.1. cu ajutorul unei balanţe (în experimentul respectiv aţi măsurat densitatea acestei pietre).

2. Puneţi apă într-un vas de formă cilindrică. Introduceţi piatra în apă şi determinaţi care este diferenţa între noul nivel al apei şi nivelul iniţial.

3. Calculaţi volumul pietrei, $V = h \cdot \pi \cdot r^2$ unde h este creşterea nivelului apei iar r este raza cilindrului. Dacă corpul este destul de mic puteţi folosi un cilindru gradat.

4. Calculaţi densitatea din aceste două măsurători.

5. Utilizaţi aceeaşi metodă pentru a calcula densitatea celorlalte materiale pe care le-aţi utilizat în experimentul anterior.

TABEL DE DATE EXPERIMENTALE:

DETERMINAREA MASEI, VOLUMULUI ŞI DENSITĂŢII UNOR CORPURI

CORPUL	MASA m (g)	ÎNĂLŢ h (cm)	RAZA r (cm)	VOLUMUL $V=\pi \cdot r^2 \cdot h$ (cm^3)	DENSITATEA $\rho=m/V$ (g/cm^3)
PIATRĂ					
PLASTILINĂ					
.....					

6. Cum puteţi măsura densitatea lichidelor cu un cilindru gradat şi o balanţă?

7. Concluzii: După părerea voastră care metode sunt mai precise? Care sunt mai simple şi mai rapid de efectuat? În general există mai multe metode pentru a măsura o mărime fizică. Când o metodă este foarte precisă, veţi obţine aproximativ acelaşi rezultat când repetaţi de mai multe ori măsurătorile mărimii respective. Dacă metoda este imprecisă, rezulatele vor fi diferite.

8. Este bine să ţineţi minte toate metodele pe care le-am indicat pentru determinarea densităţii corpurilor lichide şi solide şi să selectaţi, ori de câte ori aveţi nevoie, pe cele mai potrivite (funcţie de mijloacele pe care le aveţi la dispoziţie şi de precizia cu care doriţi să cunoaşteţi rezultatul).

10.4. CE TREBUIE SĂ REŢINEM PENTRU REZOLVAREA PROBLEMELOR DE HIDROSTATICĂ

10.4.1. Presiunea hidrostatică

Există situaţii când efectul unei forţe depinde şi de mărimea suprafeţei pe care aceasta este distribuită (de exemplu,cazul unei cărămizi care, sub acţiunea propriei greutăţi, se afundă în zăpadă cu atât mai mult cu cât aria feţei pe care este aşezată este mai mică). Mărimea fizică utilă pentru a descrie astfel de efecte se numeşte presiune; ea se defineşte ca raportul dintre forţa care acţionează distribuit pe o suprafaţă şi aria acelei suprafeţe:

$$\boxed{p=\frac{F}{S}}$$

Ca unitate de măsură pentru presiune, în Sistemul Internaţional, utilizăm Pascalul (Pa):

$$1Pa = 1N/1m^2$$

1Pa reprezintă presiunea corespunzătoare unei forţe de 1N uniform distribuite pe o suprafaţă cu aria de $1m^2$.

Se mai utilizează însă şi alte unităţi de măsură:

- atmosfera fizică 1atm = 101325 Pa
- barul 1bar = 10^5 Pa
- torrul 1torr = 1atm/760 ≈ 133,3 Pa

În interiorul unui fluid acţionează o presiune datorată straturilor de fluid aflate deasupra locului în

care o măsurăm; această presiune se numeşte presiune hidrostatică.

Presiunea hidrostatică depinde de adâncimea la care o măsurăm şi de natura lichidului; ea nu depinde de locul din acelaşi plan orizontal în care o măsurăm şi nici de direcţie.

Acţiunea presiunii hidrostatice se manifestă totdeauna prin forţe perpendiculare pe suprafaţa de observaţie (peretele vasului, suprafaţa orificiului practicat în peretele vasului, suprafeţele unui corp cufundat în lichid).

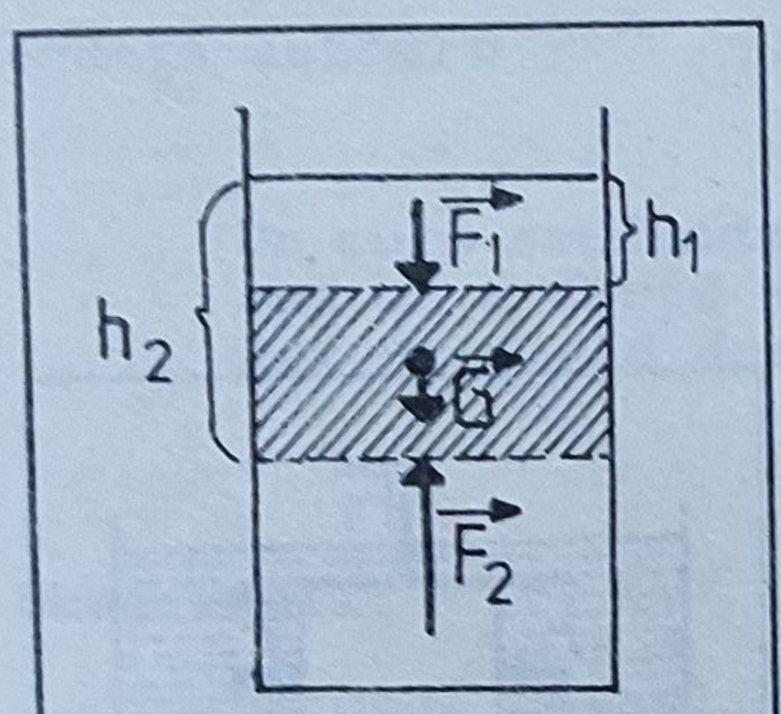


Figura 10.18.

Considerăm un lichid aflat în echilibru în interiorul unui vas. Notăm cu p_1 presiunea la adâncimea h_1 şi cu p_2 presiunea la adâncimea h_2. Delimităm mintal pătura de fluid cuprinsă între cele două adâncimi (figura 10.18., partea haşurată). Asupra acesteia acţionează forţele: $\vec{G}$ - greutatea; $\vec{F}_1$ - forţa datorată presiunii p_1 şi $\vec{F}_2$ - forţa datorată presiunii p_2. Cele trei forţe îşi fac echilibru:

$$F_2 = F_1 + G$$

$$p_2 S = p_1 S + S(h_2 - h_1)\rho g$$

$$p_2 = p_1 + \Delta h \rho g$$

$$\boxed{p_2 - p_1 = \rho g \Delta h}$$

Diferenţa de presiune dintre cele două puncte din interiorul aceluiaşi fluid, aflate la o diferenţă de nivel Δh este egală cu produsul dintre densitatea

lichidului $\underline{\rho}$, *accelerația gravitațională* $\underline{g}$ *și diferența de nivel (adâncime) a celor două puncte* $\underline{h}$.

În particular putem considera $h_1 = 0$, presiunea la suprafața lichidului fiind de cele mai multe ori egală cu presiunea atmosferică p_0; atunci la adâncimea $h_2 = h$ vom avea presiunea:

$$\boxed{p = p_0 + \rho \cdot g \cdot h}$$

10.4.2. Legea lui Arhimede

Asupra unui corp cufundat într-un fluid acționează forțe datorate presiunii hidrostatice pe toate fețele acelui corp (figura 10.19.). Forțele ce apar pe fețele laterale ($\vec{F}$ și $\vec{F}'$) se anulează reciproc. Forțele ce apar pe fețele de jos și de sus ale corpului NU SUNT EGALE deoarece presiunile hidrostatice sunt diferite la adâncimi diferite. Cum forța $\vec{F}_2$ este mai mare decât forța $\vec{F}_1$ deducem că asupra corpului va acționa o forță rezultantă orientată de jos în sus. Să calculăm modulul acestei forțe (numită forță arhimedică) F_A:

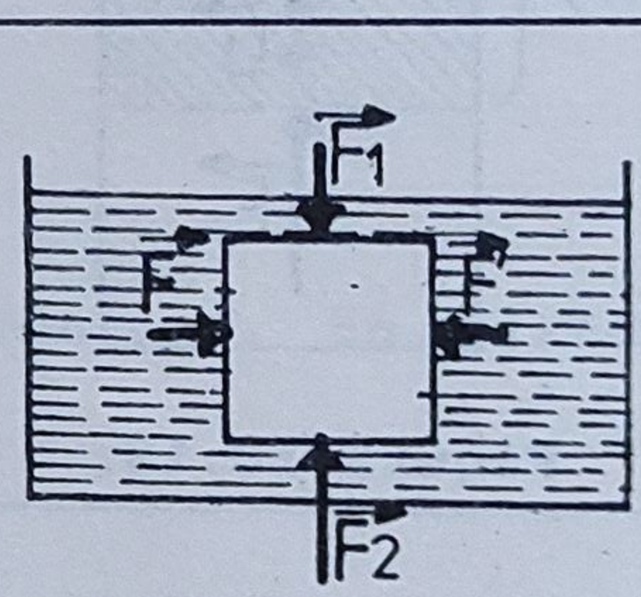


Figura 10.19.

$$F_A = F_2 - F_1 = p_2 S - p_1 S = (p_2 - p_1) S = (p_0 + \rho_1 g h_2 - p_0 - \rho_1 g h_1) S =$$
$$= \rho_1 g S (h_2 - h_1) = \rho_1 g V = m_1 g = G_1$$

Forţa arhimedică este egală tocmai cu greutatea unui volum de lichid egal cu volumul corpului, adică a volumului de lichid dezlocuit de corp.

La acelaşi rezultat putem ajunge şi prin următorul raţionament: Dacă, în interiorul lichidului, corpul ar lipsi, atunci volumul său ar fi ocupat de lichid. Acest volum de lichid ar fi în echilibru, deci forţa arhimedică (aceeaşi ca pentru corpul dat) ar fi egală şi de sens contrar cu greutatea sa.

Legea lui Arhimede este valabilă şi pentru gaze şi se enunţă astfel:

> ***Un corp scufundat într-un fluid este împins de jos în sus cu o forţă egală (ca modul) cu greutatea volumului de fluid dezlocuit de acel corp.***

Observaţii:

1. Punctul de aplicaţie al forţei arhimedice se numeşte centrul forţelor de presiune ce acţionează asupra corpului dat; el reprezintă centrul de greutate al lichidului dezlocuit de corp. Cum centrul de presiune poate fi diferit de centrul de greutate, rezultă că forţa arhimedică şi greutatea pot determina o rotaţie a corpului când acesta este scufundat într-un fluid.
2. Forţa arhimedică apare numai când corpul este înconjurat de lichid din toate părţile. De exemplu, o monedă metalică pluteşte pe suprafaţa mercurului; dacă o presăm pe fundul vasului, putem constata că nu se mai ridică la suprafaţă. Explicaţia este simplă: lipseşte pelicula de mercur de sub monedă, deci lipseşte forţa $\vec{F}_2$ (figura 10.19.), singura capabilă să ridice moneda.

10.4.3. Plutirea corpurilor

Considerăm un corp scufundat în întregime în interiorul unui fluid. Forţele care acţionează asupra corpului sunt: greutatea şi forţa arhimedică (figura 10.20.). Să calculăm raportul acestor forţe:

$$\frac{G}{F_A} = \frac{V \cdot \rho_s \cdot g}{V \cdot \rho_l \cdot g} = \frac{\rho_s}{\rho_l}$$

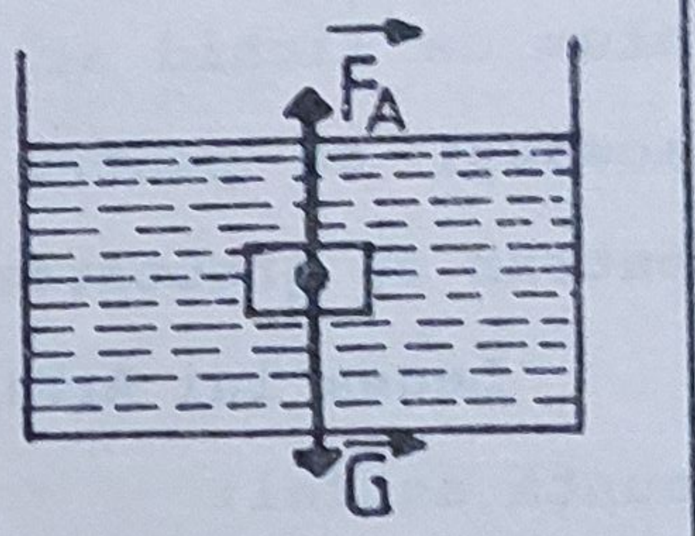


Figura 10.20.

unde ρ_s este densitatea solidului (corpului) iar ρ_l densitatea lichidului. Există trei posibilităţi:

1. $\rho_s > \rho_l$. În acest caz G>F şi corpul cade la fundul vasului. Rezultanta celor două forţe se numeşte GREUTATE APARENTĂ a corpului:

$$G_{ap} = G - F_A = G \cdot \left(1 - \frac{F_A}{G}\right) = G \cdot \left(1 - \frac{\rho_l}{\rho_s}\right)$$

Greutatea aparentă poate fi citită direct cu ajutorul unui dinamometru de care este atârnat corpul scufundat în lichid.

2. $\rho_s = \rho_l$. Corpul pluteşte în echilibru, în interiorul lichidului.

3. $\rho_s < \rho_l$. În acest caz $G<F_A$ şi rezultanta celor două forţe va fi orientată în sus. Sub acţiunea acestei forţe se ridică, de exemplu, o minge introdusă complet în apă sau un balon meteorologic (aerostat). Această rezultantă se numeşte FORŢĂ ASCENSIONALĂ:

$$F_{asc} = F_A - G = G \cdot \left(\frac{\rho_l}{\rho_s} - 1 \right)$$

Când corpul este introdus complet într-un lichid, forţa ascensională îl va aduce la suprafaţa acestuia. Pe măsură ce corpul iese din lichid, volumul de lichid dezlocuit se micşorează şi de aceea se micşorează şi forţa arhimedică. La un moment dat forţa arhimedică va ajunge să fie egală cu greutatea corpului şi atunci acesta va pluti la suprafaţa lichidului (parţial scufundat). La baloanele meteorologice forţa arhimedică scade,pe măsură ce acestea urcă, din cauza scăderii densităţii aerului cu înălţimea. Ele se opresc la acea înălţime pentru care forţa arhimedică devine egală cu greutatea totală (a balonului, a gazului ce-l umple şi a nacelei).

PROBLEME

CULESE, PROPUSE SAU ADAPTATE PENTRU CLASA a VII-a

Forţa - mărime vectorială. Compunerea forţelor. Principiile mecanicii.

1. În ce condiţii două forţe sunt egale? (Ce ne indică următoarele două relaţii: $F_1 = F_2$ şi $\vec{F}_1 = \vec{F}_2$?

2. Dacă $\vec{R}=\vec{F}_1+\vec{F}_2$, în ce condiţii:

a) $R = F_1 + F_2$?

b) $R = F_1 - F_2$?

c) $R=\sqrt{F_1^2+F_2^2}$?

3. Doi vectori de mărimi diferite pot să dea rezultantă nulă?

4. Două forţe perpendiculare sunt reprezentate la scară diferită: pentru $\vec{F}_1$ o diviziune reprezintă 10N iar pentru $\vec{F}_2$ o diviziune reprezintă 20N. Compuneţi cele două forţe prin metoda paralelogramului arătând care este modulul forţei rezultante.

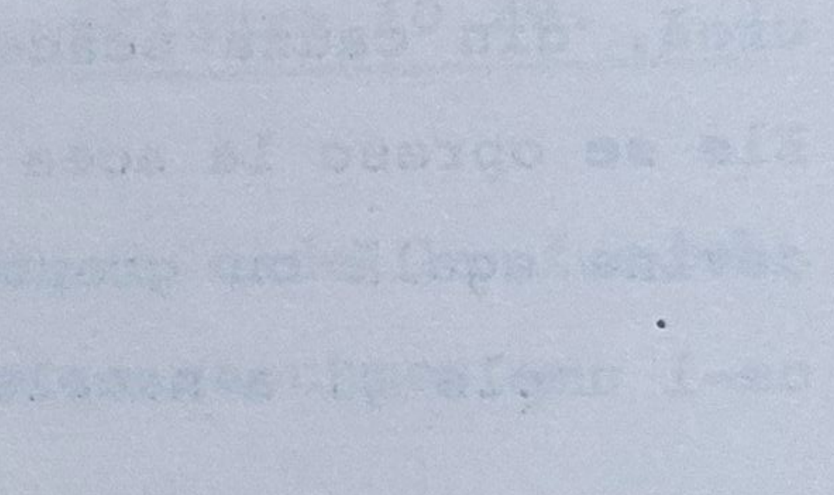


Figura P.4.

5. Forţele concurente F_1=4N şi F_2=6N formează între ele unghiuri de : 0°, 30°, 60°, 90°, 120° şi 180°. Determinaţi grafic rezultanta pentru fiecare unghi. Precizaţi în care

din cazuri rezultanta are cel mai mare modul şi în care caz modulul cel mai mic.

6. Forţele F_1 =3N şi F_2 =4N acţionează sub un unghi de 45° asupra aceluiaşi corp. Reprezentaţi cele două forţe întâi la scara 1N↔1cm şi apoi la scara 1N↔2cm calculând rezultanta pentru fiecare din cele două cazuri.

7. Un avion, orientat spre nord, zboară cu viteza v_1=200km/h faţă de aer. Dacă vântul suflă de la est spre vest cu viteza v_2=100km/h, care va fi viteza avionului faţă de Pământ? (Rezolvaţi problema grafic - atât prin metoda paralelogramului cât şi prin metoda triunghiului).

8. În ce condiţii rezultanta a două forţe concurente este nulă? Dar rezultanta a trei forţe concurente ?

9. Compunând două forţe concurente, egale în modul, rezultă o forţă egală în modul cu primele două forţe. Care din cazurile de mai jos conduc la acest rezultat ?

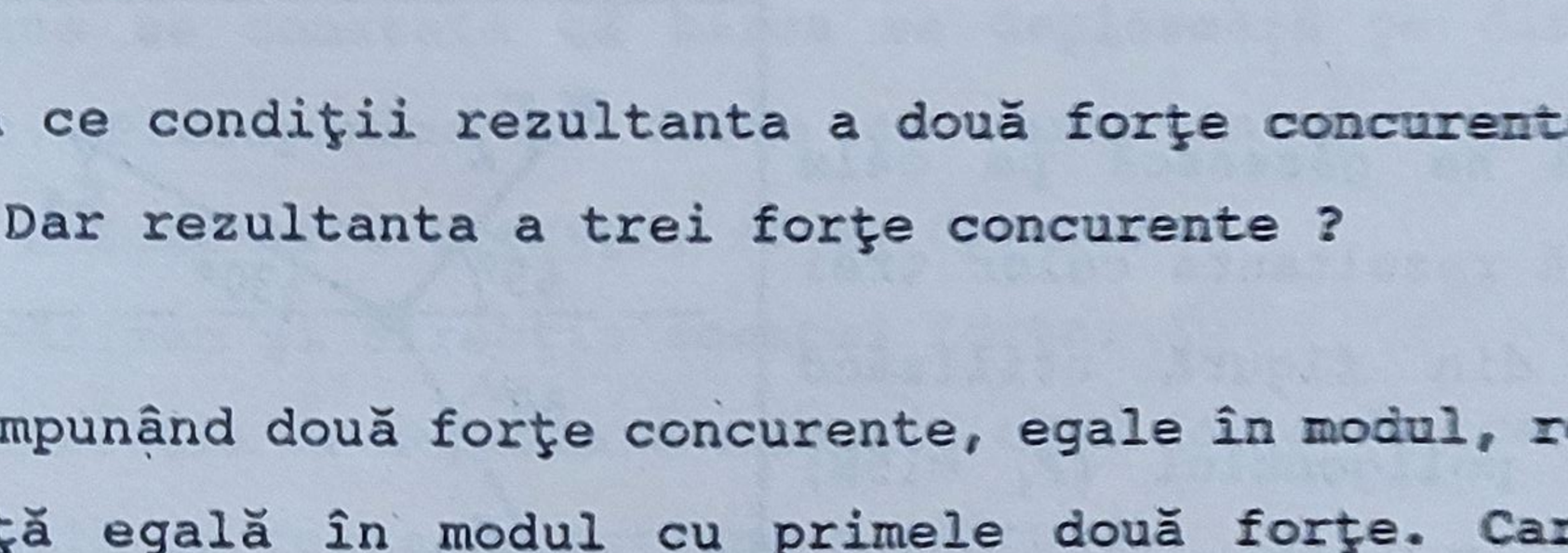


Figura P.9.

10. Două corpuri au greutăţi egale $G_1 = G_2 = 1N$. Care este indicaţia dinamometrului în cele două cazuri din fig. P.10?

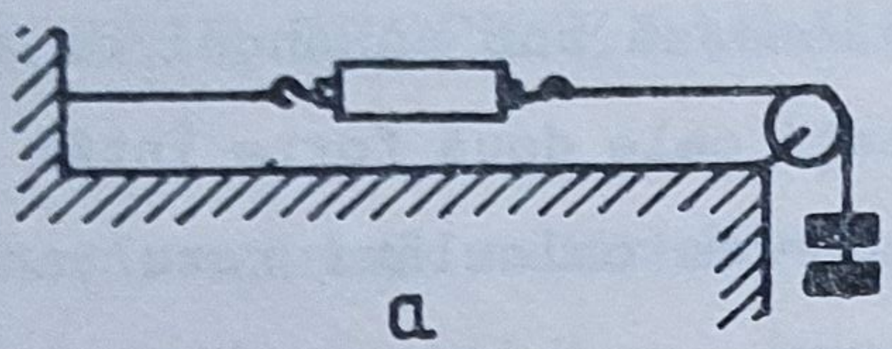


Figura P.10.

11. Pot două forţe concurente cu modulele de 5N şi 7N să dea o rezultantă de: a) 1N; b) 2N; c) 5N; d) 6N; e) 7N; f) 9N; g)10N; h) 12N; i) 13N; j) 20N?

12. Să se găsească pe cale grafică rezultanta celor trei forţe din figură utilizând regula poligonului ($F_1 = 15N$; $F_2 = 10N$; $F_3 = 12N$).

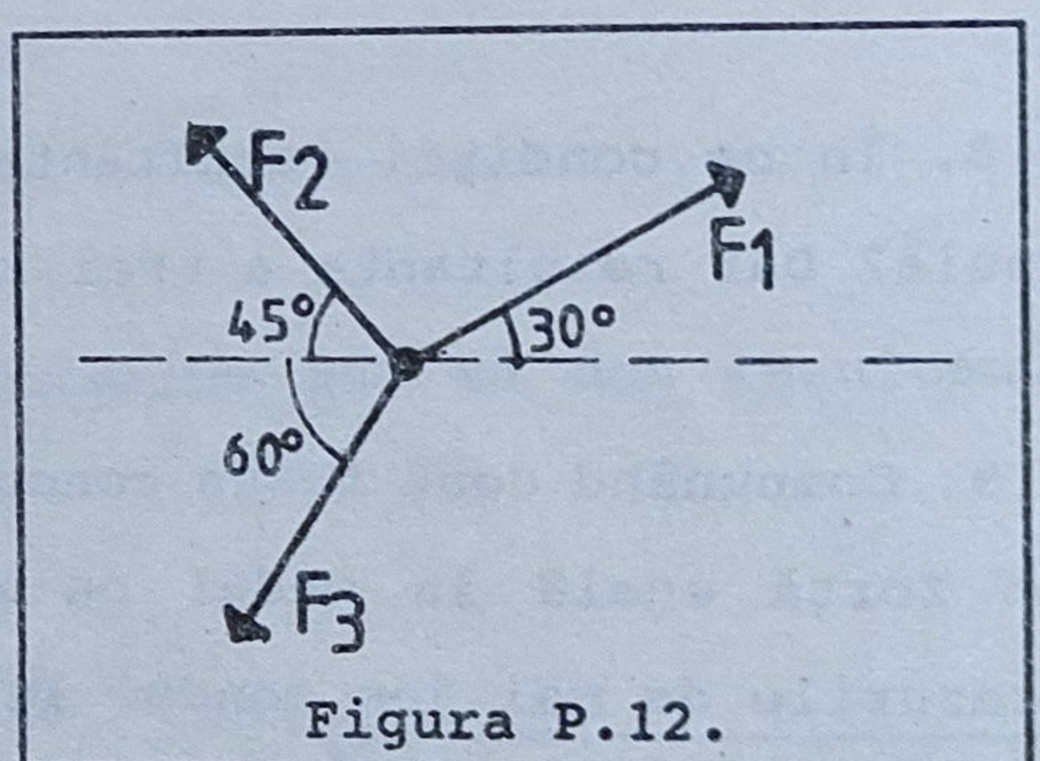


Figura P.12.

13. Asupra unui punct material acţionează patru forţe coplanare: $F_1 = 5N$ (spre nord), $F_2 = 8N$ (spre est), $F_3 = 10N$ (spre sud) şi $F_4 = 13N$ (spre vest). Arătaţi care este modulul şi orientarea forţei rezultante.

14. Asupra unui corp acţionează patru forţe (vezi figura) cu modulele: $F_1 = F_1' = 10N$ şi $F_2 = F_2' = 20N$. Ce modul şi orientare

trebuie să aibă forţa $\vec{F}$ care menţine corpul în echilibru?

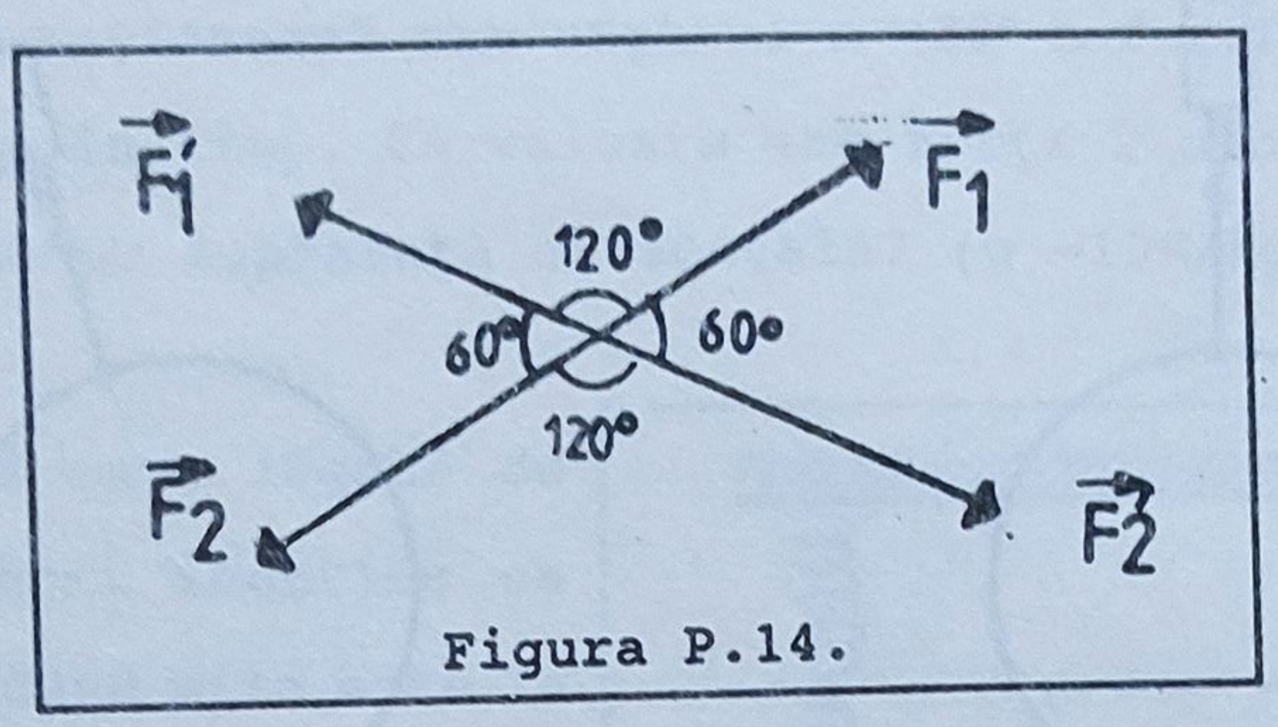


Figura P.14.

15. O barcă se deplasează pe un lac liniştit sub acţiunea forţei de tracţiune F_1 =250N, orientată spre Est. Din cauza vântului barca se deplasează spre Sud. Dublând forţa de tracţiune se constată că barca se deplasează pe direcţia Sud-Est. Presupunând că forţa cu care vântul acţionează asupra bărcii este aceeaşi, să se determine

a) mărimea şi direcţia acestei forţe.

b) direcţia de deplasare a bărcii când forţa de tracţiune este egală cu forţa de acţiune a vântului.

c) Cu ce forţă minimă trebuie propulsată barca pentru a înainta spre Vest?

16. O bilă a fost suspendată de un fir pe care s-a intercalat un dinamometru, mai întâi ca în figura P.16.a. şi apoi ca în figura P.16.b. În primul caz dinamometrul a indicat 4N iar în cazul al doilea 5N. Cu ce forţă acţionează bila asupra peretelui?

(Olimpiadă jud. Vâlcea)

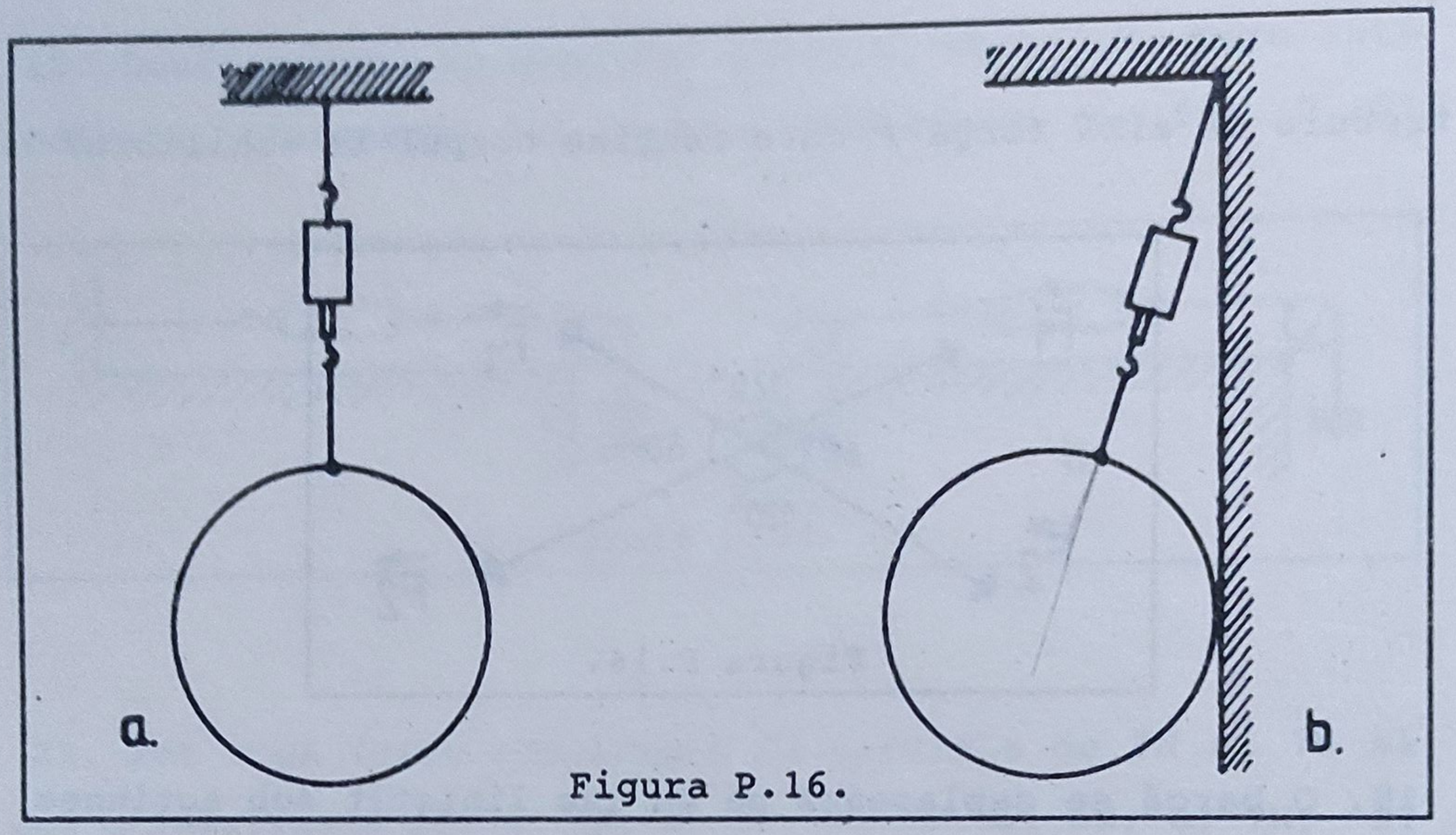


Figura P.16.

17. Considerăm sistemul solar format din Soare şi cele 9 planete ce se rotesc în jurul său. Câte forţe de interacţiune (de atracţie gravitaţională) se exercită între elementele acestui sistem?

18. Asupra unui corp aflat în mişcare acţionează forţe a căror rezultantă:

a) este nulă;

b) are sensul mişcării;

c) are sens contrar mişcării (vitezei).

Ce se întâmplă cu viteza acestui corp în fiecare din cele trei cazuri?

19. A. De ce cu cât lovim mai puternic masa cu palma, cu atât simţim o durere mai mare?

B. De ce încercând să tragem puternic în jos o frânghie suspendată de tavan, constatăm că ne ridicăm în sus?

20. Asupra unui corp cu m =5kg, aflat pe o suprafaţă orizontală, acţionează sub unghiul α =30° o forţă F al cărei modul creşte în timp. Ce valoare are forţa F când corpul se desprinde de pe suprafaţa orizontală? (g ~10N/kg).

21. O bilă este legată de două resorturi identice ca în figură. Când bila este la jumătatea distanţei dintre cei doi pereţi, cele două resorturi sunt nedeformate. Desenaţi forţa elastică din fiecare resort atunci când bila:

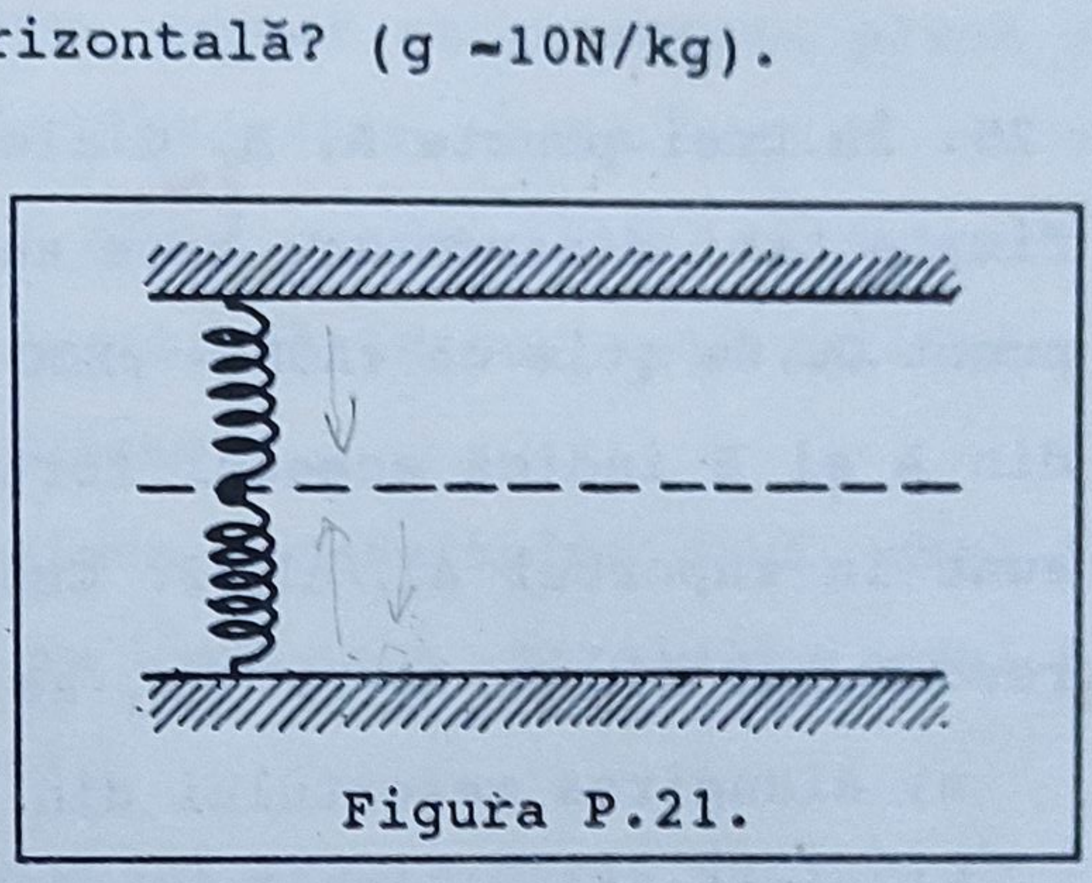


Figura P.21.

a) este mai aproape de peretele superior;

b) este în poziţia de echilibru;

c) este sub poziţia de echilibru.

22. Putem cântări un corp atât cu ajutorul unei balanţe, cât şi cu ajutorul unui cântar cu arc. Dacă pe Pământ ambele dispozitive indică aceeaşi masă, ce se întâmplă cu indicaţiile pe o altă planetă a Sistemului Solar?

23. Un corp care este aşezat pe un resort de constantă elastică k =2000N/m comprimă acest resort cu 20cm.

a) Să se reprezinte grafic forţele care acţionează asupra corpului.

b) Care este acţiunea şi care este reacţiunea?

c) Calculaţi masa corpului.

24. Un corp cu masa m_1 =300g, atârnat de un resort, determină creşterea lungimii acestuia de la 10cm la 12cm. Atârnând împreună cu primul corp încă un corp cu masa m_2, resortul va avea lungimea de 16cm. Să se determine constanta elastică a resortului şi masa m_2 .

25. În trei puncte A, B, C ale unei mese de laborator sunt fixate trei dinamometre care au cârligele prinse în acelaşi punct O. Se ştie că $\sphericalangle AOB = \sphericalangle BOC = \sphericalangle COA = 120°$. Dinamometrele din A şi B indică aceeaşi forţă F =2N, iar alungirile lor sunt în raportul $\Delta l_A/\Delta l_B=2$. Cunoscând constanta elastică a resortului din A: $k_A=100N/m$, se cer :

a) alungirea resortului din A;

b) constanta elastică a resortului din B;

c) alungirea Δl_C a celui de-al treilea resort dacă acesta are o scară cu lungimea de 10cm şi poate măsura o forţă maximă de 5N.

(Olimpiadă 1987 - Iaşi)

26. Pentru sistemul din figură se cunosc: m_1 =100g, m_2 =200g, şi m_3 =300g.

a) Ce valoare are raportul $\Delta l_1/\Delta l_2$ la echilibru, în absenţa forţei $\vec{F}$?

b) Cu ce forţă trebuie apăsat corpul de masă m pentru ca acest raport să fie 1/2?

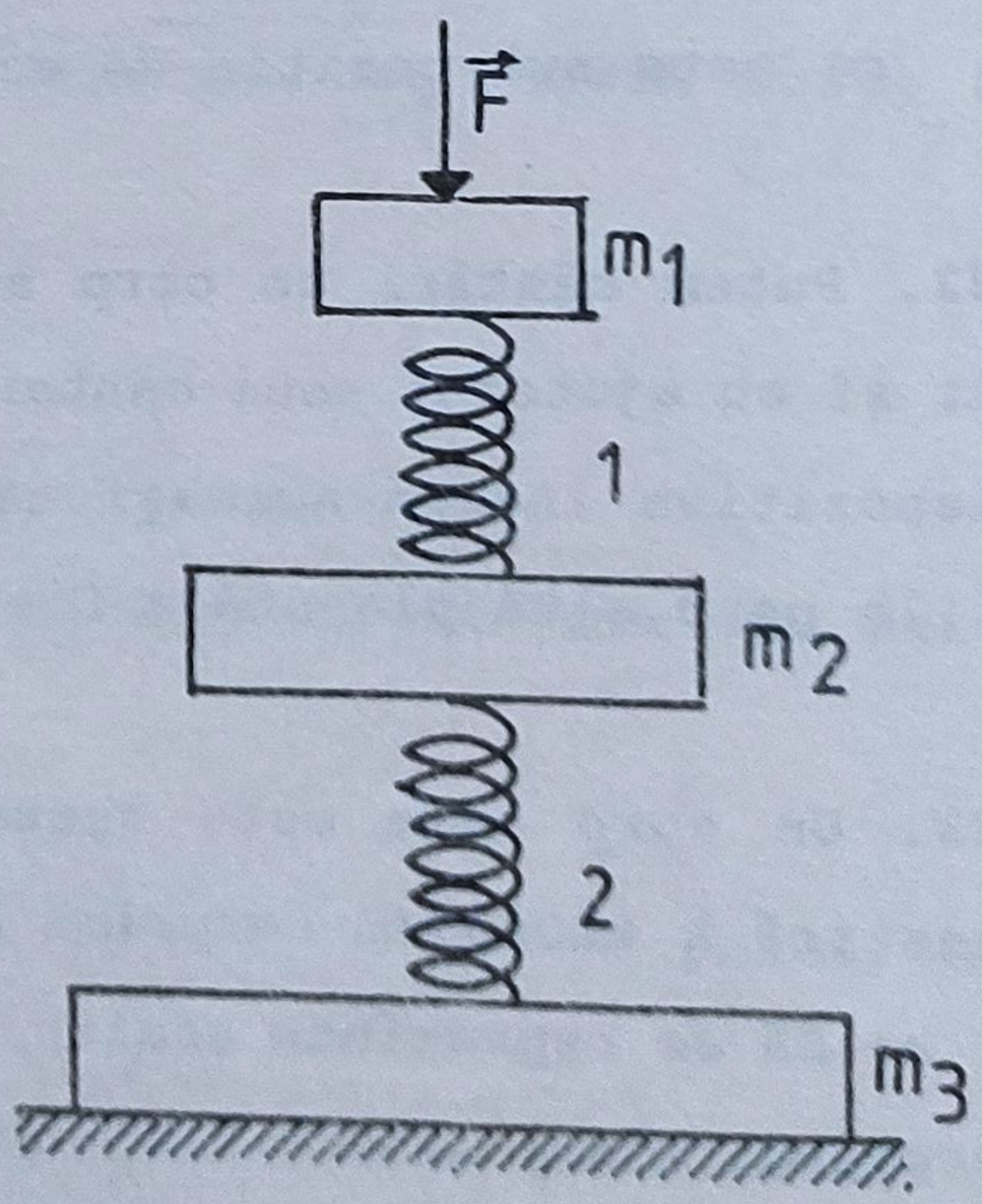


Figura P.26.

c) Ce valoare are reacţiunea mesei suport în cazul b)?

Resorturile sunt identice. Se va lua g=10N/kg.

(Olimpiadă 1992 - Iaşi)

27. Un corp cu masa de 150g, aşezat pe suprafaţa plană şi orizontală a unei mese din laborator, este cuplat cu un resort lung de 10cm, de al cărui capăt liber se trage cu viteza de 2cm/s, mai întâi vertical în sus apoi paralel cu suprafaţa mesei. Să se calculeze :

a) Constanta de elasticitate a resortului dacă, după 5s de la începutul tracţiunii pe verticală, paralelipipedul se desprinde de suprafaţa mesei.

b) Forţa de apăsare a corpului asupra mesei după 3s de la începutul tracţiunii pe verticală.

c) Forţa de frecare dintre corp şi masă în timpul mişcării
rectilinii şi uniforme a corpului pe suprafata mesei, dacă acesta se pune în mişcare după 3s de la începutul tracţiunii pe orizontală.

Se va lua g =10 N/kg.

(Olimpiada 1991 - Iaşi)

28. Pentru două resorturi forţele elastice, ca funcţie de alungire, sunt reprezentate grafic în figură.

a) Ce relaţie există între constantele elastice ale celor două resorturi?

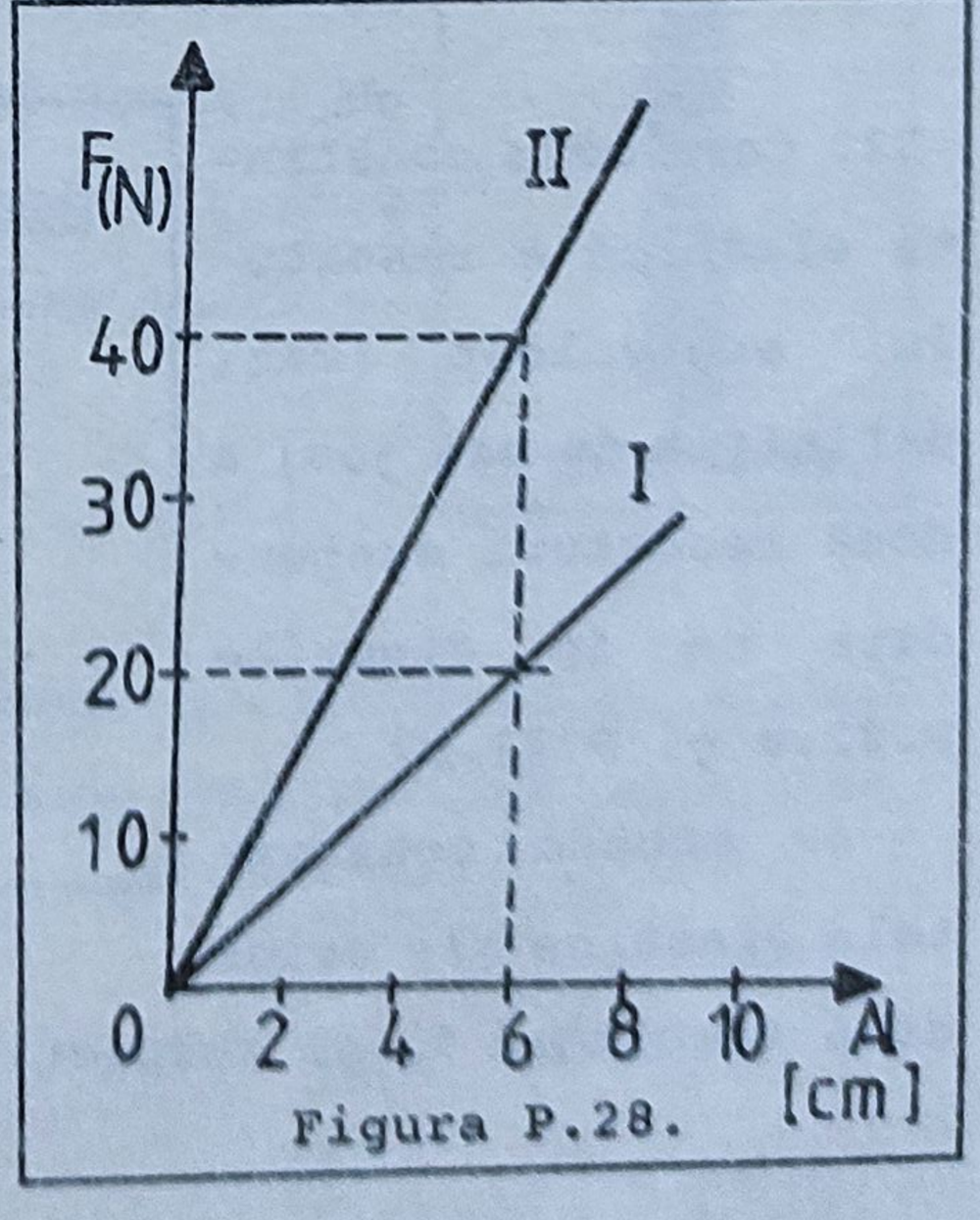


Figura P.28.

b) Presupunând că cele două resorturi au fost tăiate dintr-o spirală lungă de oţel, stabiliţi relaţia dintre lungimile lor iniţiale.

29. Un resort, cu constanta elastică egală cu k, este tăiat în două părţi egale. Să se determine constanta elastică a fiecărei jumătăţi.

30. Dintr-un resort de lungime l şi constantă elastică k se taie porţiuni de lungimi l_1, l_2, l_3, ... Care este constanta elastică a fiecărui nou resort?

31. Suspendând de un resort un corp cu masa m =50g, acesta se alungeşte cu Δl_1=2cm. Suspendând acelaşi corp de un alt resort, alungirea acestuia este Δl_2=1cm. Cu cât se va alungi ansamblul celor două resoturi, montate unul sub celălalt, atunci când suspendăm de cel de jos un corp cu masa M =200g?

(Olimpiadă 1984 - Iaşi)

32. Care este constanta elastică a resortului echivalent (vezi definiţia de mai jos) a două resorturi suspendate ca în figurile P.32.a şi P.32.b?

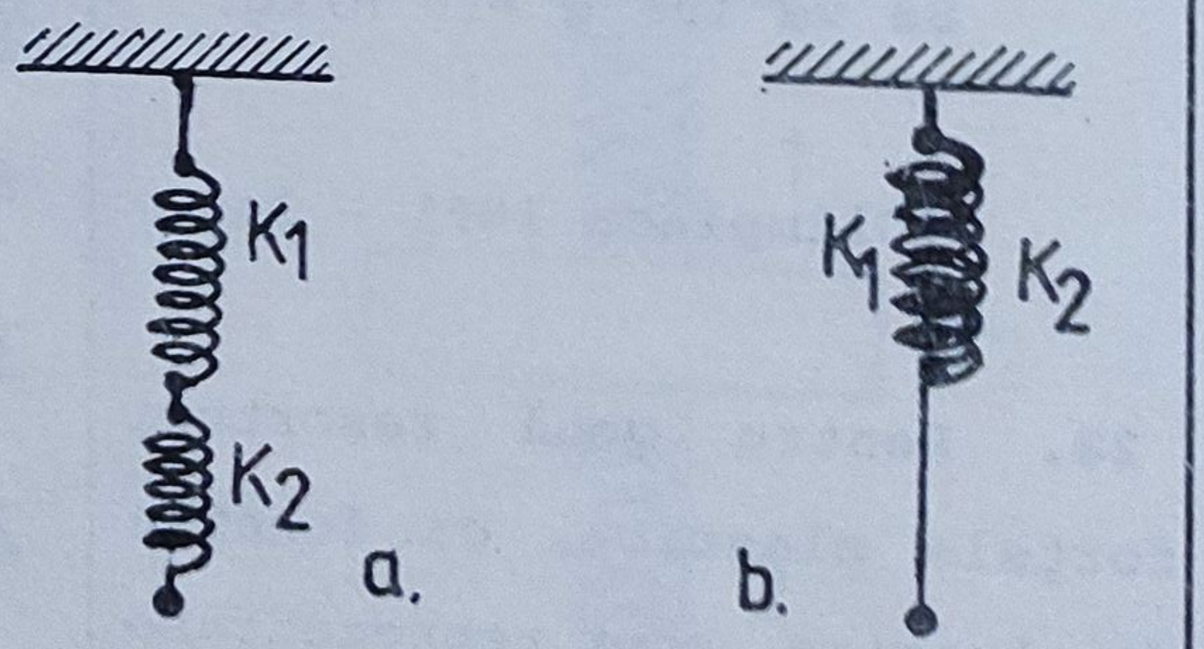


Figura P.32.

Se cunosc constantele elastice ale celor două resorturi k_1 şi respectiv k_2.

Resortul echivalent este acel resort care are aceeaşi alungire ca ansamblul dat de resorturi dacă este solicitat de aceeaşi forţă.

33. Un resort de constantă elastică k =1000 N/m se taie în şase părţi egale. Fiecare parte se montează în vârful unei plăci hexagonale, de masă m =36 kg. Să se calculeze cu cât se comprimă arcurile la aşezarea sistemului pe o suprafaţă orizontală (g=10N/kg)

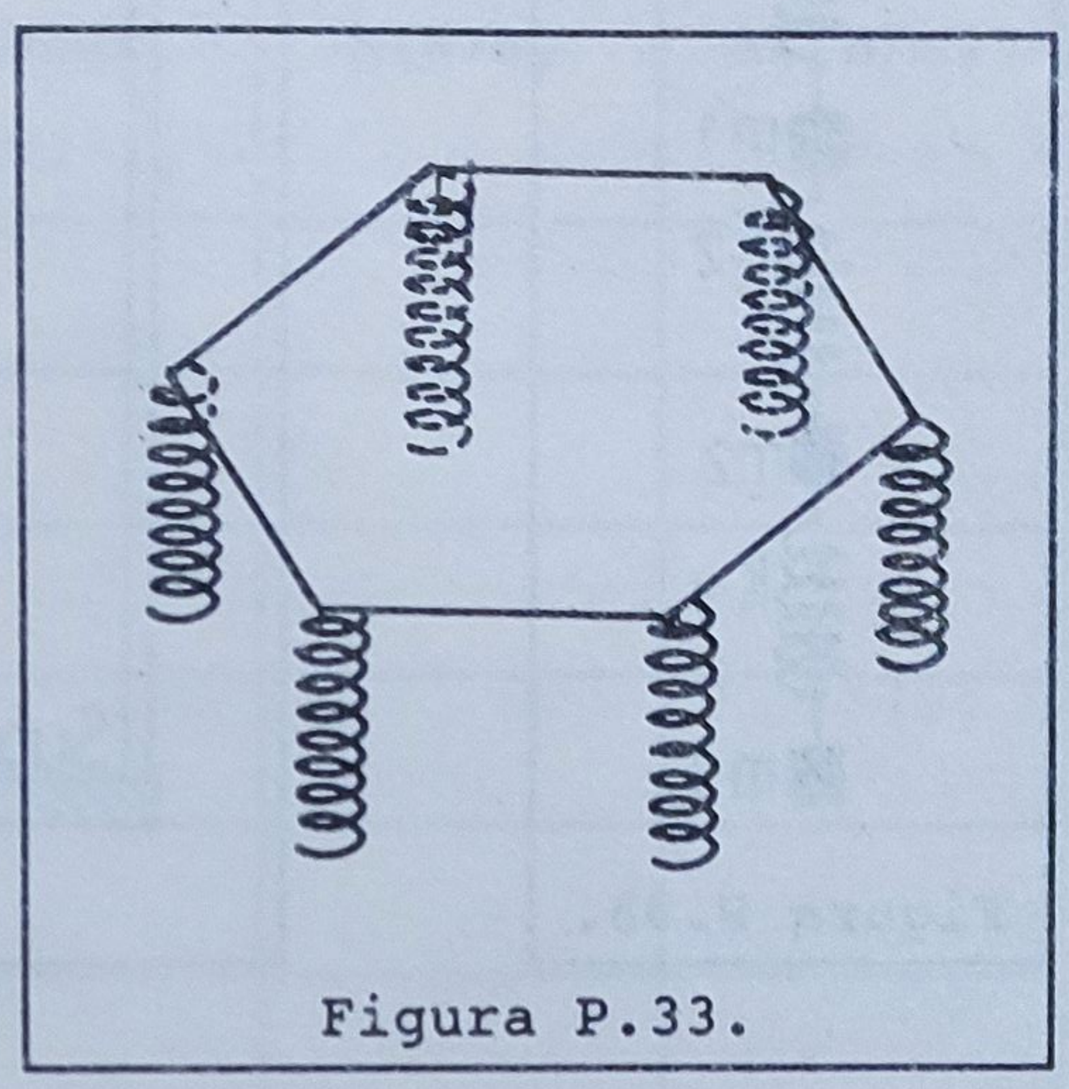


Figura P.33.

34. Se dau două resorturi de lungimi l_1 şi l_2 ($l_1>l_2$) şi constante elastice k_1 şi k_2. Se sudează capetele celor două resorturi ca în figură, obţinându-se un sistem (în starea iniţială ambele resorturi sunt deformate). Se poate utiliza sistemul ca un singur resort elastic? În caz afirmativ, care este constanta lui elastică?

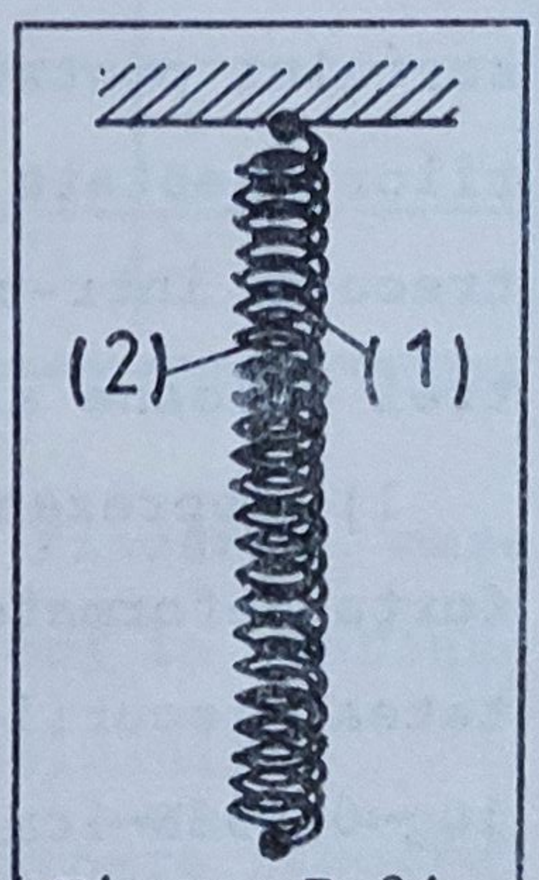


Figura P.34.

35. În sistemul din figură se cunosc m_1, m_2, m_3 şi k_1, k_2, k_3. Să se determine alungirea fiecărui resort şi alungirea totală a sistemului.

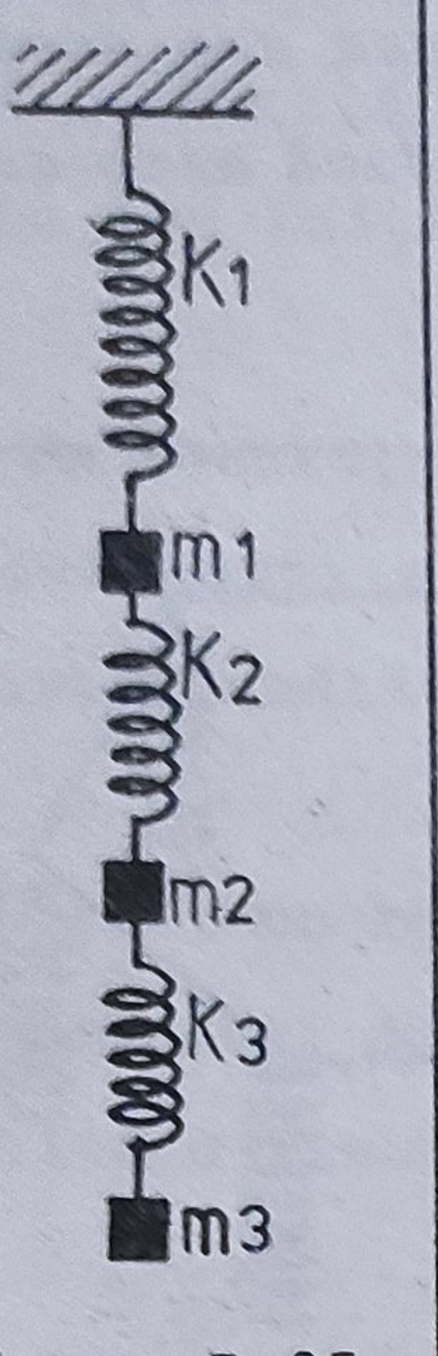


Figura P.35.

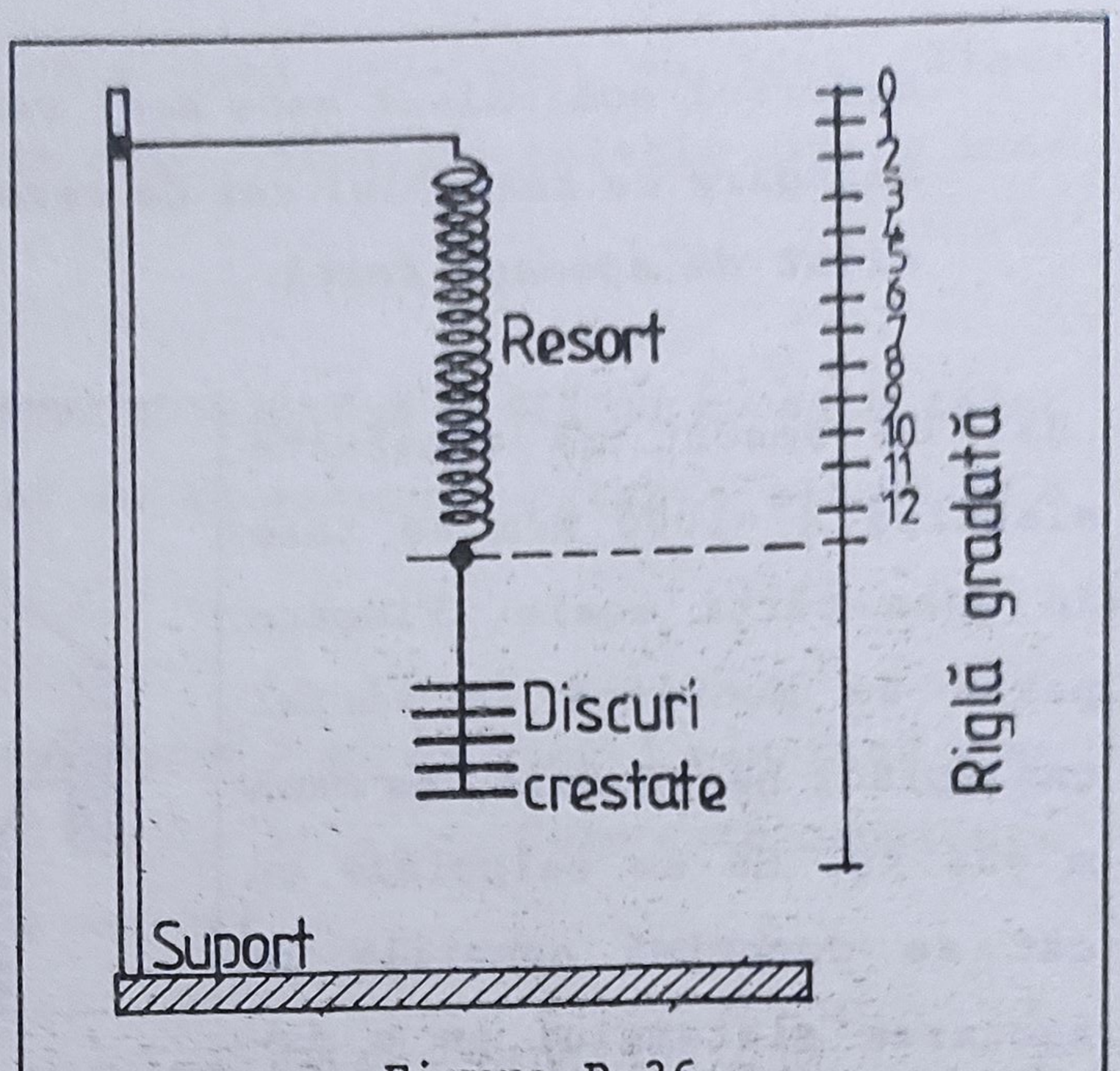


Figura P.36.

36. Se dă sistemul din figura P.36. Se măsoară lungimea resortului pentru diferite mase atârnate (suma maselor discurilor crestate şi a suportului pentru discuri). Datele sunt trecute într-un tabel (urmăriţi deocamdată numai primele trei coloane ale tabelului de pe pagina următoare);

1) Reprezentaţi într-un grafic dependenţa lungimii de forţa deformatoare. Pe abscisă se reprezintă masa sau greutatea discurilor suspendate (de exemplu putem alege scara: 10g↔0,098N↔1cm) iar pe ordonată valorile lungimii resortului (care se pot reprezenta nemodificat 1cm↔1cm).

2) Citiţi din grafic: a) lungimea corespunzătoare unei mase m =65g; b) masa care ar trebui atârnată pentru ca lungimea resortului să fie l =10,5cm.

3) Citiţi din grafic lungimea resortului l când nu se atârnă suportul de discuri.

TABEL DE DATE: CONSTANTA ELASTICĂ A UNUI RESORT

Nr. det.	Masa totală m (g)	Lungimea resortului l(cm)	Alungirea resorului $\Delta l = l - l_0$	C-ta. elastică k(N/m)	Eroarea Δk(N/m)
1	20	9,5			
2	30	10,1			
3	40	10,7			
4	50	11,6			
5	60	12,3			
6	70	13,0			
7	80	13,6			
8	90	14,4			
9	100	14,9			

4) Calculaţi alungirea corespuzătoare fiecărei mase totale atârnate de resort; treceţi aceste valori în continuarea tabelului de date (coloana a IV-a a tabelului).

5) Calculaţi constanta elastică corespunzătoare fiecărei determinări: $k_i = G_i/\Delta l_i$ şi treceţi-o în coloana a V-a a tabelului.

6) Calculaţi valoarea medie a constantei elastice:

$$k_{mediu} = (k_1 + k_2 + ... + k_9)/9$$

7) Calculaţi eroarea pe care o facem în cazul fiecărei determinări asupra constantei elastice k: $\Delta k_i = k_i - k_{mediu}$. Aceasta o puteţi trece în ultima coloană a tabelului.

8) Faceţi o medie a modulelor acestor erori :

$$\Delta k = \frac{|\Delta k_1| + |\Delta k_2| + \ldots + |\Delta k_9|}{9}.$$

Aceasta poate fi considerată ca eroarea cu care cunoaştem constanta elastică a resortului studiat. Constanta elastică este cuprinsă între: $k_{med} - \Delta k < k < k_{med} + \Delta k$

Mai concis se scrie: $k = k_{med} \pm \Delta k$.

Efectuaţi aceste calcule.

9) Observaţie: Dacă alegem două determinări oarecare n şi m, neglijând erorile, putem scrie :

$$k = G_n/(l_n - l_o) = G_m/(l_m - l_o)$$

Presupunând că $G_m > G_n$ (deci şi $l_m > l_n$), putem obţine o proporţie derivată:

$$k = \frac{G_m - G_n}{(l_m - l_0) - (l_n - l_0)} = \frac{G_m - G_n}{l_m - l_n} = \frac{\Delta G}{\Delta l}$$

Deci relaţia la care am ajuns ne arată că putem determina constanta elastică şi ca raportul dintre creşterea greutăţii şi creşterea lungimii resortului. Acest lucru este foarte important pentru că resorturile, în poziţie verticală, au deja o mică alungire datorată propriei greutăţi; în acest caz nu putem măsura direct lungimea iniţială l_o (a resortului nedeformat) şi deci nu putem calcula alungirea reală.

Se poate stabili o legătură directă între constanta elastică şi unghiul α de înclinare a graficului realizat la punctul 1 (cu G pe abscisă): $k = ctg\alpha$ (deduceţi singuri aceasta pe baza relaţiei: $k = \Delta G/\Delta l$). În cazul real (când fiecare determinare este afectată de erori) aplicarea relaţiei: $k=(G_m-G_n)/(l_m-l_n)$ nu conduce, în general, la o valoare precisă a constantei elastice; în schimb relaţia

k=ctgα poate furniza o valoare suficient de bună (graficul se „strecoară" printre puncte îmbunătăţind astfel precizia fiecărei măsurători).

10) Observaţie: se poate trasa, suprapus peste primul grafic, un nou grafic în care să reprezentăm alungirea resortului în funcţie de masa (greutatea) corpului atârnat de el. Practic axa absciselor se mută cu l_0 mai sus astfel încât noul grafic va trece prin origine.

37. a) Există o reacţiune la forţa de frecare ce acţionează asupra unui corp?

b) Poate fi forţa de frecare cauza deplasării unui corp?

38. a) Ce forţe acţionează când încercăm şi nu reuşim să scoatem un cui din perete? Ce relaţie este între ele?

b) De ce nodul unui fir din fibre sintetice se deznoadă mai repede decât nodul unui fir de cânepă de acelaşi diametru?

c) De ce, pe o masă lucioasă, nu putem şterge cu radiera o foaie de hârtie decât daçă ţinem foaia cu mâna ?

39. Un corp aşezat pe o masă orizontală, este tras orizontal uniform de un resort care se alungeste cu 1,6cm. Acelaşi corp, atârnat de resort, îl alungeşte cu 8cm. Calculaţi coeficientul de frecare dintre corp şi masa orizontală.

40. Trei corpuri cu masele m_1 =3kg, m_2 =2kg şi m_3 =1kg se află pe o suprafaţă orizontală, cuplate prin resorturile cu constantele elastice k_1 =100N/m, k_2 =200N/m şi k_3 =300N/m.

Forţele de frecare reprezintă 1/5 din greutatea fiecărui corp. Să se afle:

a) forţa de tracţiune care menţine corpurile în mişcare uniformă;

b) alungirea totală a resorturilor (g =10N/kg).

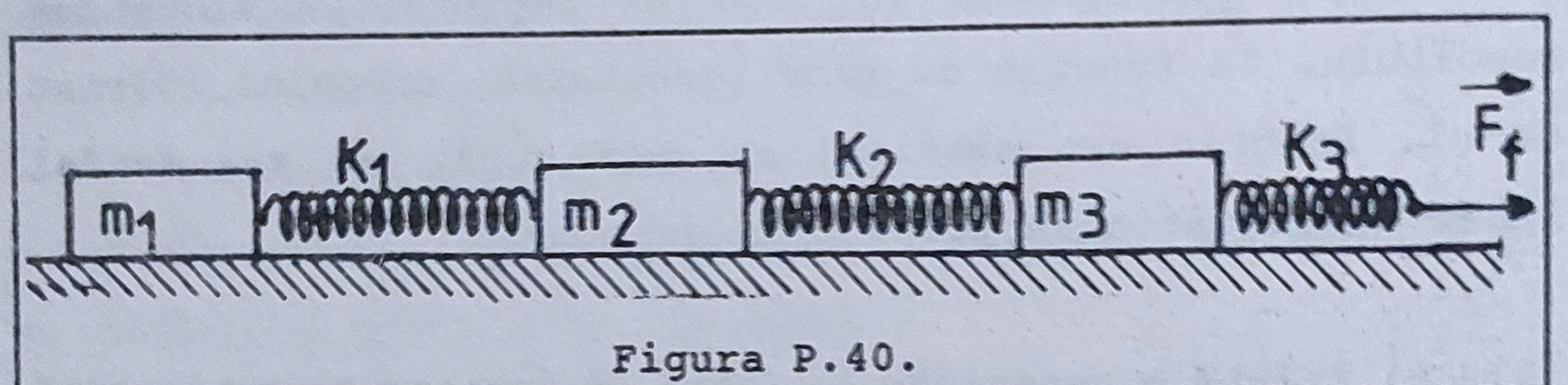


Figura P.40.

(Concursul Evrika - Dunărea de Jos)

41. Se dau două corpuri de mase m_1 şi m_2 ($m_1 < m_2$) legate printr-un resort elastic, care se pot mişca uniform pe o suprafaţă orizontală, cu frecare. Corpurile sunt realizate din acelaşi material. Să se calculeze raportul deformărilor resortului pentru cazul când:

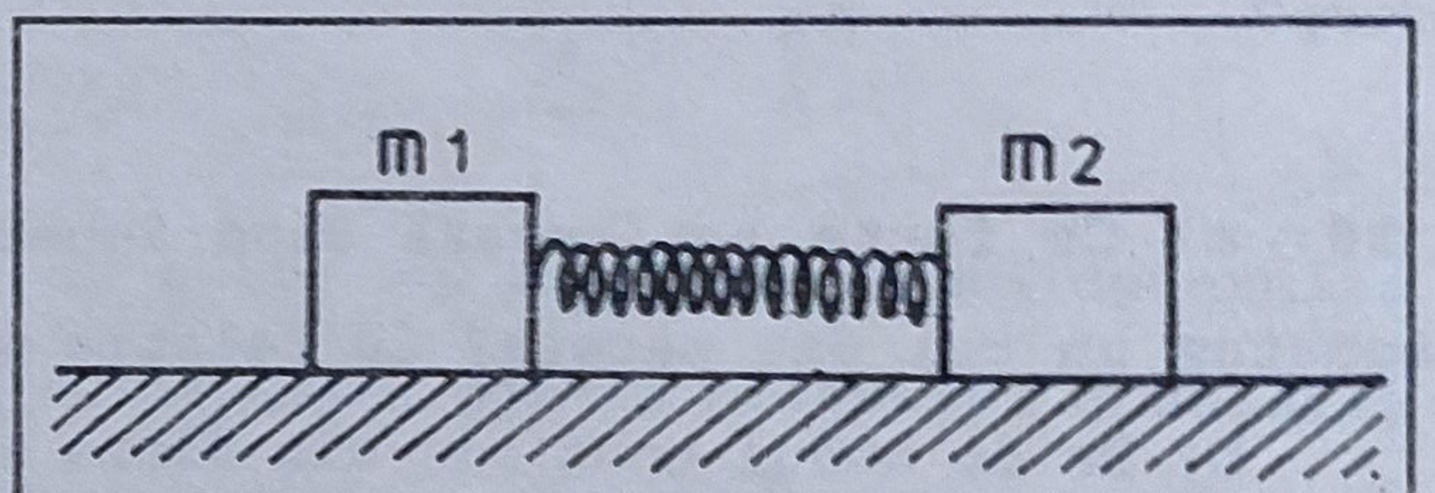


Figura P.41.

a) Sistemul este tras uniform spre dreapta, respectiv spre stânga.

b) Sistemul este împins uniform spre dreapta, respectiv spre stânga.

c) Cum ar trebui modificaţi coeficienţii de frecare dintre corpuri şi suprafaţa orizontală (raportul μ_1/μ_2) pentru ca deformarea resortului să aibă aceeaşi valoare indiferent de modul în care sistemul este pus în mişcare?

42. Se dă sistemul din figură, în care se cunosc masele m_1, M şi faptul că asupra corpului de masă M acţionează în timpul deplasării o forţă de frecare ce reprezintă 1% din greutatea acestuia. Scripeţii sunt ideali.

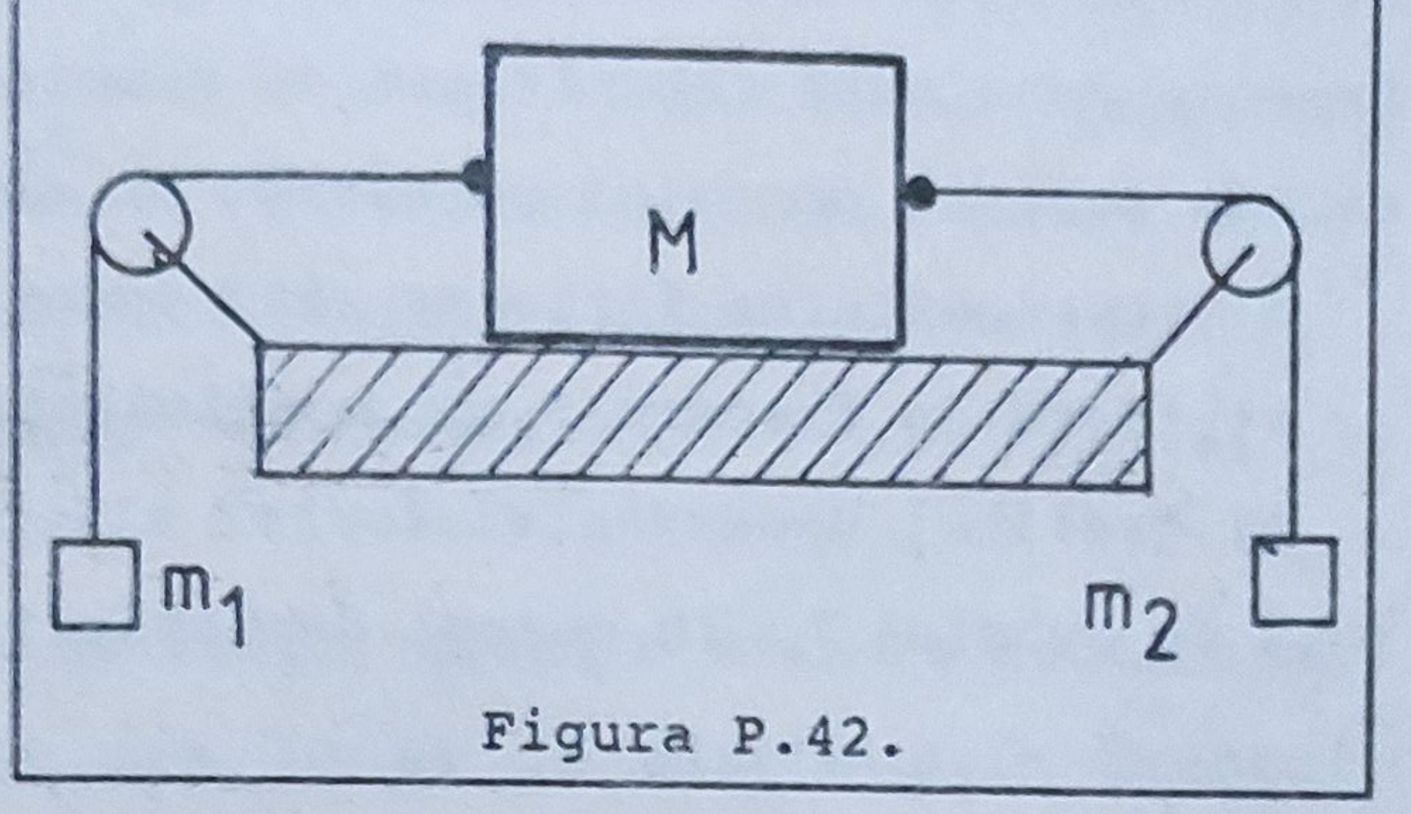


Figura P.42.

a) Să se afle valorile lui m_2 pentru care corpul M rămâne în repaus.

b) Desprinzând corpul de masă m_2 de sistem, cu ce forţă orientată sub un unghi de 30° faţă de orizontală trebuie să se acţioneze asupra corpului M, astfel încât cel cu masa m_1 să urce uniform?

(Olimpiadă 1988 şi 1991 - Iaşi)

43. Pe o bandă rulantă, în repaus faţă de Pământ, se află un corp de masă m =10kg, în echilibru, în punctul A (vezi figura). Corpul este susţinut de un resort cu k =100N/m şi lungime l_o =40cm, netensionat. Când banda se mişcă cu viteza v =1m/s faţă de Pământ, corpul este în repaus în punctul B la distanţa x =30cm de

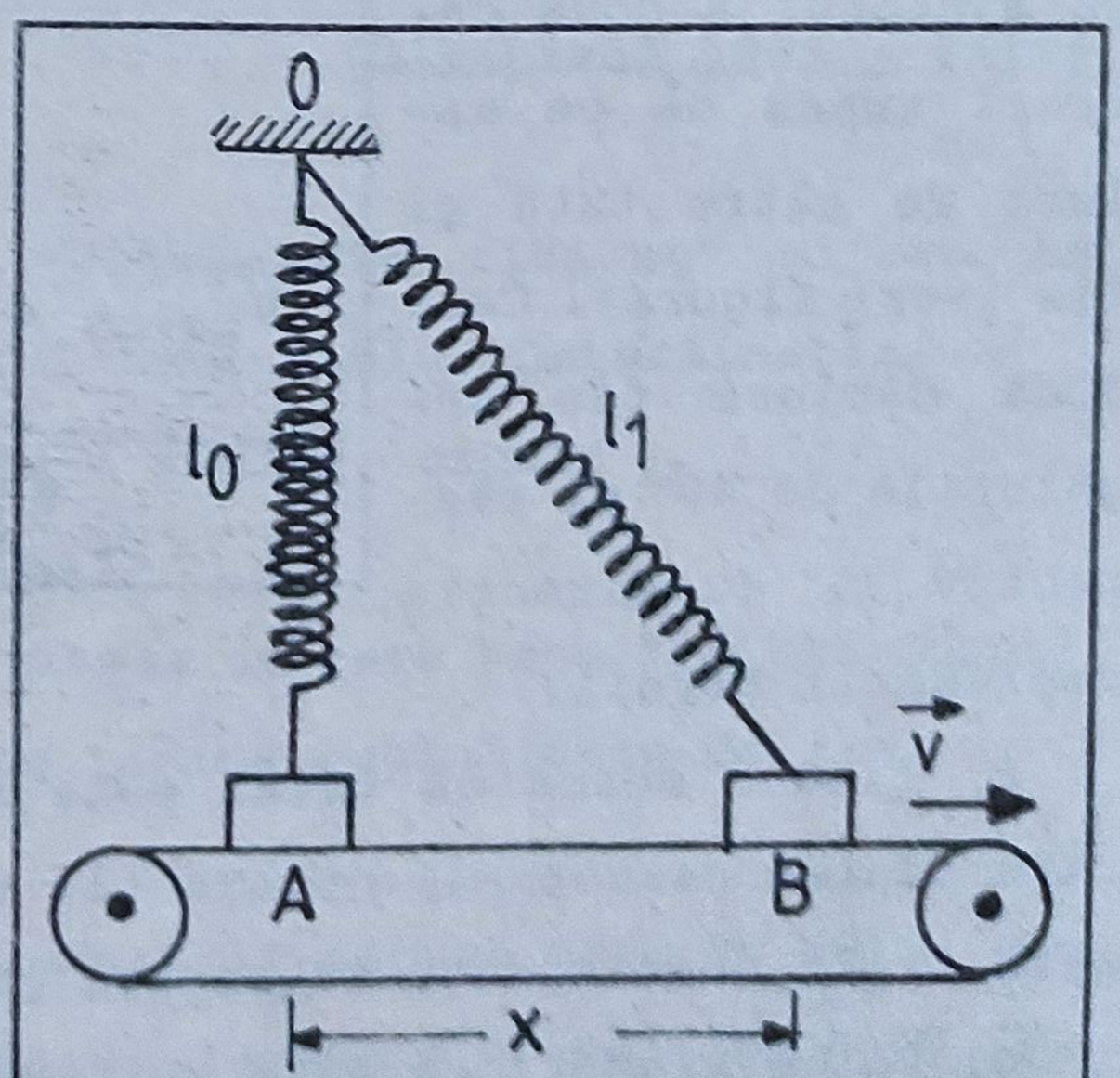


Figura P.43.

A. Presupunând că între corp şi bandă acţionează o forţă de frecare constantă (indiferent de viteza de mişcare a benzii sau de poziţia corpului pe bandă) se cere:

a) reprezentarea forţelor când corpul este în punctul B;

b) forţa de frecare F_f şi coeficientul de frecare μ;

c) graficul dependenţei forţei elastice F_e de distanţa x faţă de punctul A, în cursul deplasării corpului de la A la B.

Lucru mecanic. Putere mecanică. Randament.

44. Un vapor se deplasează 5km spre apus şi apoi 4km spre nord-vest. Calculaţi grafic deplasarea totală a vaporului.

45. O barcă este deplasată uniform pe un râu contra curentului cu ajutorul a două cabluri trase de pe maluri de către tată şi fiu (vezi figura). Cele două cabluri fac unghiurile de 60° şi respectiv 30° cu direcţia deplasării bărcii.

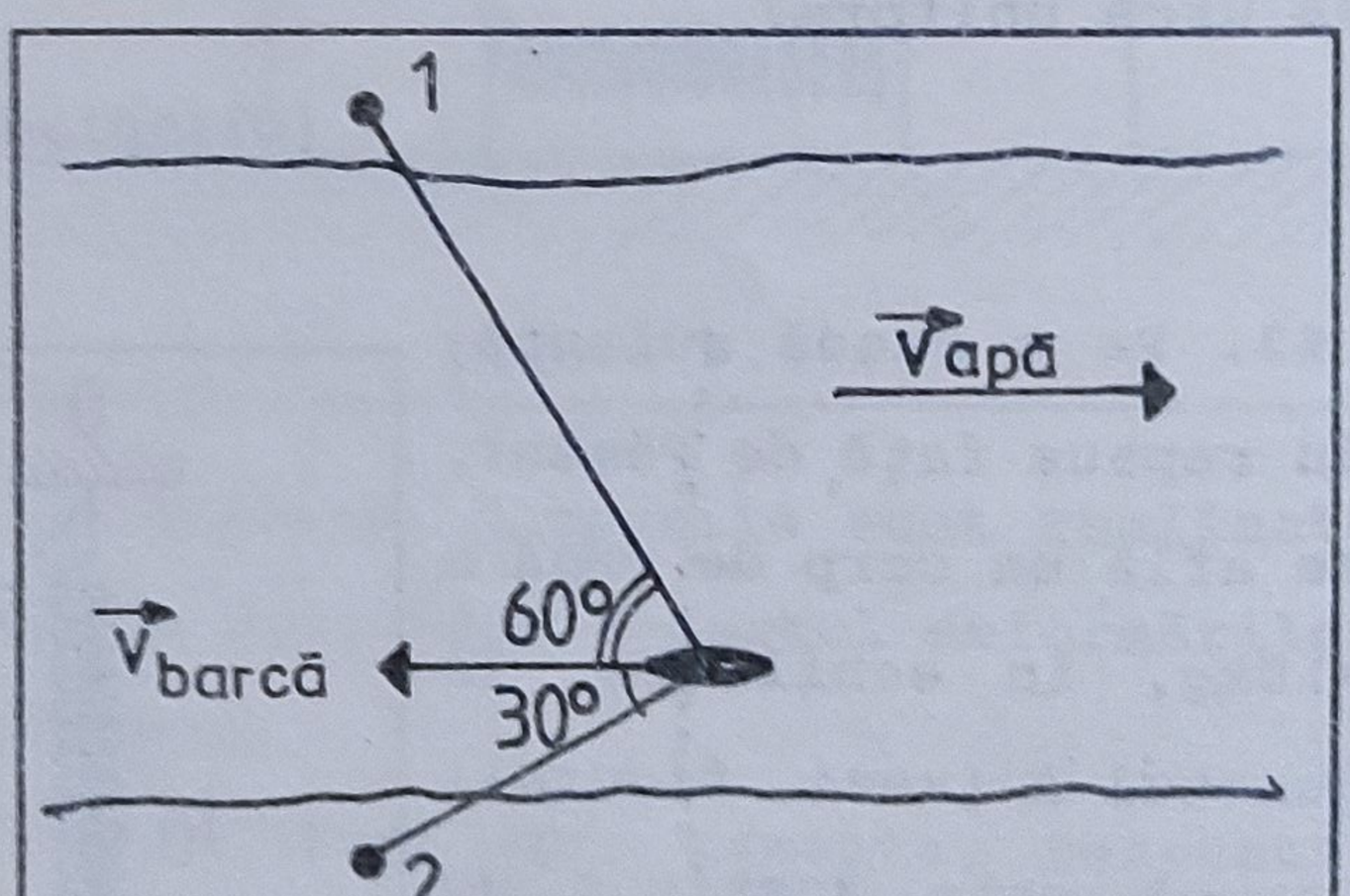


Figura P.45.

a) Ţinând seama că tatăl este mai puternic decât fiul, care dintre persoanele notate (1) şi (2) este tatăl şi care este fiul? Justificaţi răspunsul cu calculele necesare.

b) De ce credeţi că este mai avantajos să deplasăm barca aproape de mal şi nu prin mijlocul apei?

c) Dacă apa acţionează asupra bărcii cu o forţă F =600N, să se calculeze lucrul mecanic efectuat de tată şi respectiv de fiu timp de 1 minut, ştiind că viteza bărcii este $v_{barcă}$=0,5 m/s. Ce legătură există între aceste lucruri mecanice şi lucrul mecanic al forţei F?

46. Un mobil cu masa de 100kg, având o mişcare rectilinie şi uniformă, trece la ora 10 şi 10 minute prin dreptul bornei kilometrice 24 şi ajunge la ora 11 în dreptul bornei kilometrice 60. Ştiind că asupra mobilului acţionează o forţă de frecare care reprezintă 15% din greutatea sa, să se determine:

a) viteza mobilului;

b) lucrul mecanic efectuat pentru deplasarea mobilului între cele două borne;

c) puterea dezvoltată pentru efectuarea acestui lucru mecanic (g =10N/kg).

(Olimpiadă 1985 - Iaşi)

47. Un corp cu masa m =200kg este ridicat uniform la înălţimea h =60m cu ajutorul unui cablu. Determinaţi:

a) forţa necesară pentru a ridica corpul;

b) lucrul mecanic efectuat;

c) timpul ridicării şi viteza cu care este ridicat corpul dacă puterea motorului care ridică cablul este de 1kW.

48. Se dă sistemul reprezentat în figură unde m_2 =2kg, m_1= =3kg şi μ =0,1. Corpul de masă m_2 coboară o înălţime h =0,2m. Reprezentaţi grafic următoarele forţe: $\vec{G}_1$, $\vec{G}_2$, $\vec{N}_1$ şi $\vec{F}_f$ şi

calculaţi lucrul mecanic corespunzător acestor forţe.

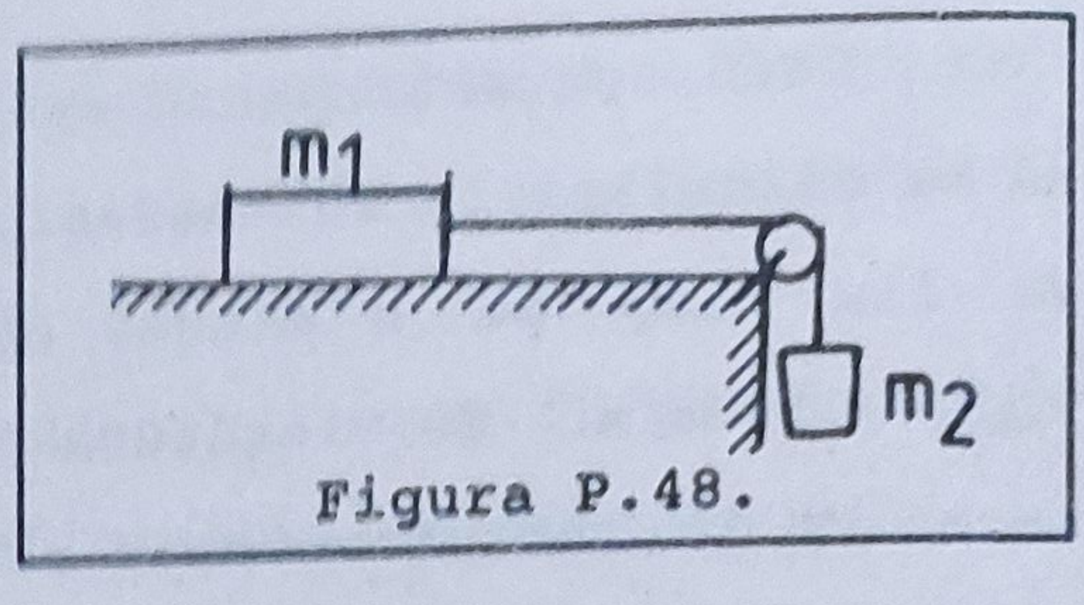


Figura P.48.

49. Un rezervor situat la 10m înălţime este umplut cu apă cu ajutorul unei pompe manuale. Lucrul mecanic necesar pentru a umple rezervorul cu apă este 36000 kJ. Pompa este manevrată de patru oameni, fiecare dezvoltând o putere de 150W. Ştiind că randamentul pompei este de 80% să se afle :

a) volumul rezervorului ;

b) timpul necesar umplerii lui.

(Se dau: densitatea apei $\rho = 1000 kg/m^3$ şi $g = 10 N/kg$).

(Olimpiadă 1993 - Iaşi)

50. Pentru problema 28 calculaţi lucrul mecanic efectuat pentru a întinde fiecare resort cu $\Delta l = 10 cm$.

51. Să se calculeze lucrul mecanic efectuat de forţa care variază cu deplasarea după graficul alăturat.

Exprimaţi acest lucru mecanic în kilowattore.

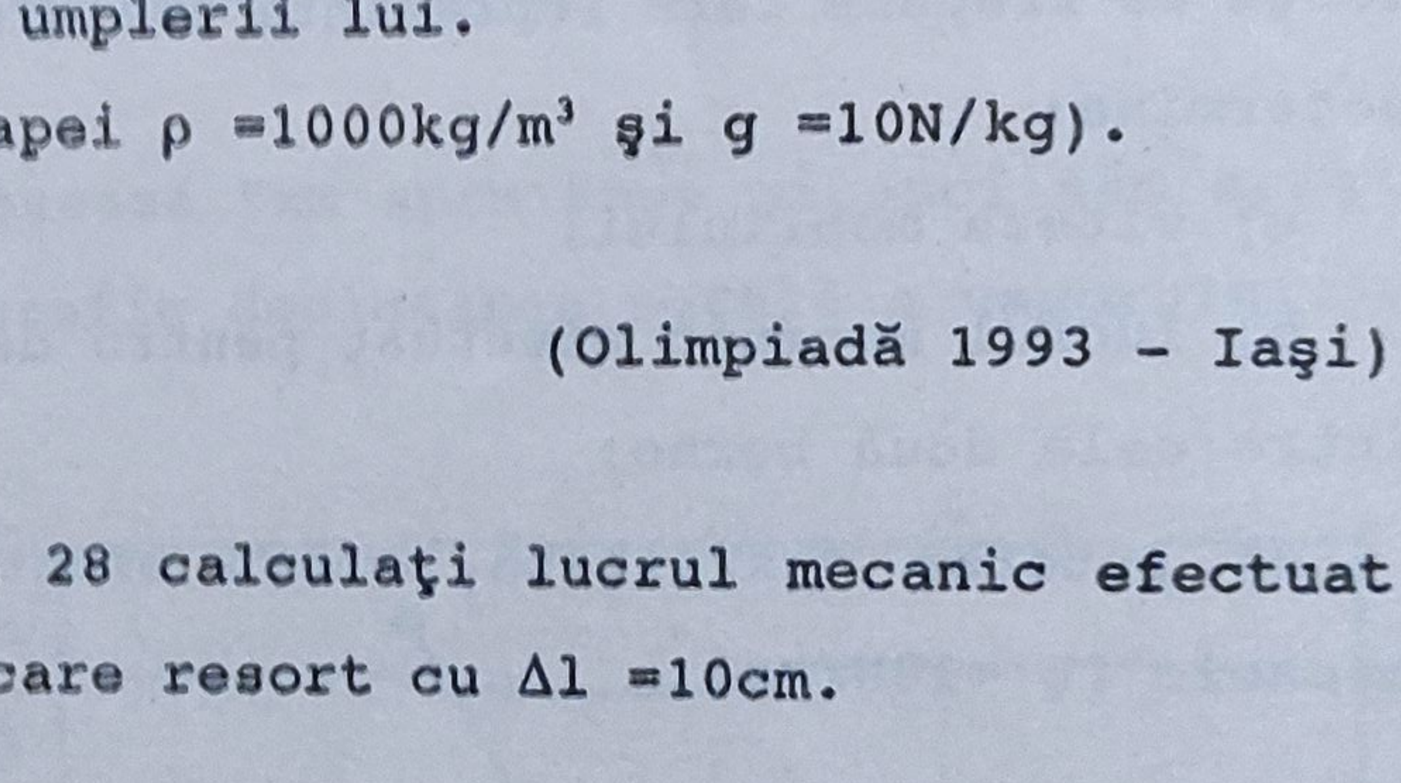


Figura P.51.

52. Un vehicul cu masa m =5,82t, transportând masa m =8180kg, este echipat cu un motor care la viteza maximă v_{max} =90km/h dezvoltă o putere P_c =120kW, având randamentul η =48,4%. Fiecare kilogram de benzină permite efectuarea unui lucru mecanic de $4,4 \cdot 10^4$kJ. Se dă densitatea benzinei ρ =0,75g/cm^3. Se cere:

a) Consumul de benzină al motorului, în litri, pentru 100km parcurşi cu viteza maximă;

b) Puterea utilă dezvoltată de motorul vehiculului;

c) Forţa de tracţiune a motorului la viteza maximă.

(Olimpiadă 1985 - Iaşi)

53. O macara are lungimea cablului l=20m iar masa unităţii de lungime a cablului este m_o =20kg/m. Cu ajutorul macaralei trebuie ridicat un corp cu masa M =1t la înalţimea maximă posibilă. Luând g=10N/kg şi neglijând frecările, calculaţi:

a) lucrul mecanic efectuat (pentru ridicarea corpului şi a cablului);

b) randamentul ridicării.

Mecanisme simple

54. Cu ce forţă F trebuie acţionat la capătul unei pârghii pentru care b_F/b_R=4, ca să ridicăm un corp cu G =R =900N? Consideraţi mai întâi că randamentul este 100% şi apoi 90% (rotaţia pârghiei se face cu unghi mic).

(Olimpiadă 1986 - Iaşi)

55. Pe talerele unei balanţe cu braţe egale se aşează două vase, unul având greutatea G_1 =3N, celălalt G_2 =4N. Vasele, de formă paralelipipedică au dimensiunile: primul are lungimea de 10cm, lăţimea de 8cm şi înălţimea de 6cm iar cel de al doilea are lungimea de 12cm, lăţimea de 10cm şi înălţimea de 5cm. Dacă primul vas se umple complet cu apă iar cel de al doilea cu alcool, să se stabilească în ce parte se înclină balanţa şi ce masă trebuie să aibă corpul care, pus pe unul din talere, echilibrează balanţa. Se dau: $\rho_{apă}$ =10^3kg/m^3; ρ_{alcool} =800kg/m^3 şi g =10N/kg.

(Olimpiadă 1986 - Iaşi)

56. Pentru a învinge o rezistenţă de 870N, un muncitor foloseşte o bârnă ca pârghie de ordinul II, lungă de 2,25m şi grea de 200N. Dacă punctul de aplicaţie al rezistenţei este la 0,63m de punctul de sprijin iar muncitorul acţionează chiar la capătul pârghiei, să se calculeze:

a) efortul depus de muncitor la capătul pârghiei;

b) cu ce putere a lucrat el, dacă a ridicat capătul pârghiei la 0,75m în 3 secunde;

c) randamentul pârghiei.

(Olimpiadă 1988 - Iaşi)

57. Se aşează un obiect pe talerul din stânga al unei balanţe şi prin cântărire se determină masa sa m_1 =250g. Aşezând corpul pe talerul din dreapta, se constată că el cântăreşte m_2 =160g.

a) Cum sunt cele două braţe ale balanţei?

b) Care este masa corpului?

58. Doi copii cu greutăţile G_1 =400N şi G_2 =300N stau spate la spate pe o scândură, deasupra punctului în care aceasta este sprijinită. Dacă primul copil merge cu viteza v_1 =60cm/s, ce viteză v_2 trebuie să aibă al doilea copil pentru ca scândura să rămână orizontală?

(Olimpiadă 1988 - Iaşi)

59. Patru resorturi identice, fiecare cu constanta elastică k, sunt folosite pentru a echilibra în poziţie orizontală patru scânduri omogene cu masele m_1; $m_2=m_1/2$; $m_3=m_2/2$; $m_4=m_3/2$, ca în figură.

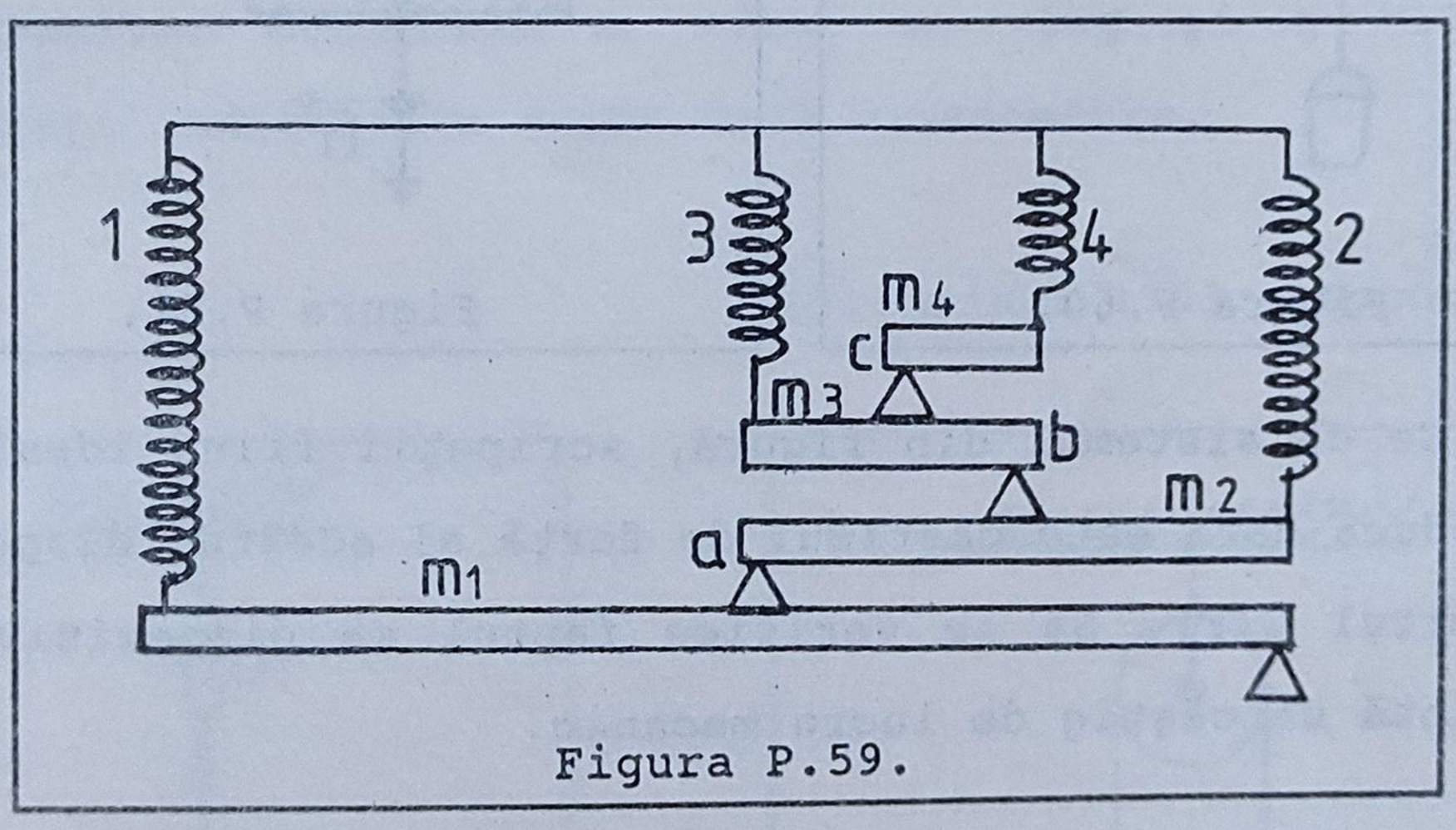


Figura P.59.

Să se determine alungirile celor patru resorturi. Suporturile a, b şi c se află la mijlocul scândurilor respective şi sunt de masă neglijabilă.

(Olimpiadă 1992 - etapa naţională)

60. La o fântână se ridică o găleată cu apă cu ajutorul unui tambur care are diametrul de 11cm. Raza roţii pe care

o învârtim cu mâna este de 0,5m. Ce forţă este necesară pentru ridicarea găleţii pline,dacă aceasta se umple cu 10 l de apă? Găleata goală are masa de 1kg, densitatea apei este $\rho = 1000 kg/m^3$ şi $g = 10 N/kg$.

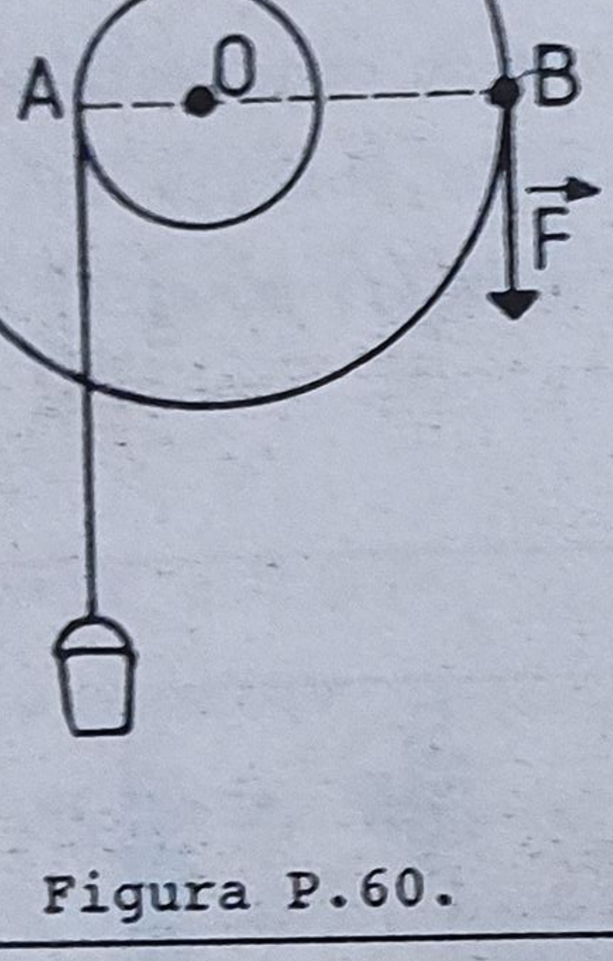


Figura P.60.

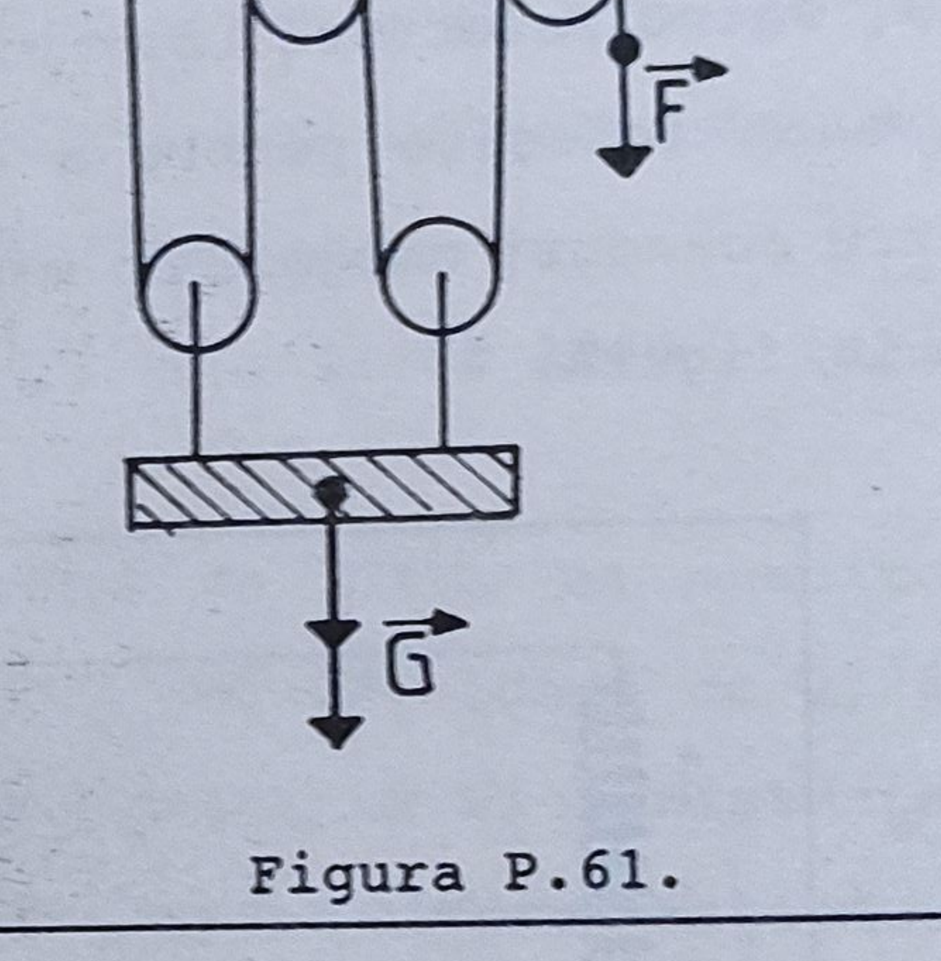


Figura P.61.

61. Se dă sistemul din figură, scripeţii fiind ideali. Să se deducă care este câştigul de forţă al acestui dispozitiv (raportul G/F). Să se verifice faptul că dispozitivul nu prezintă un câştig de lucru mecanic.

(Olimpiadă 1988 - Iaşi)

62. În sistemele a şi b din figură se cunosc $k = 100 N/m$ şi $F = 10 N$. Considerând scripeţii ideali şi resorturile perfect elastice să se calculeze cu cât coboară capătul A al firului.

(Olimpiadă 1993 - Iaşi)

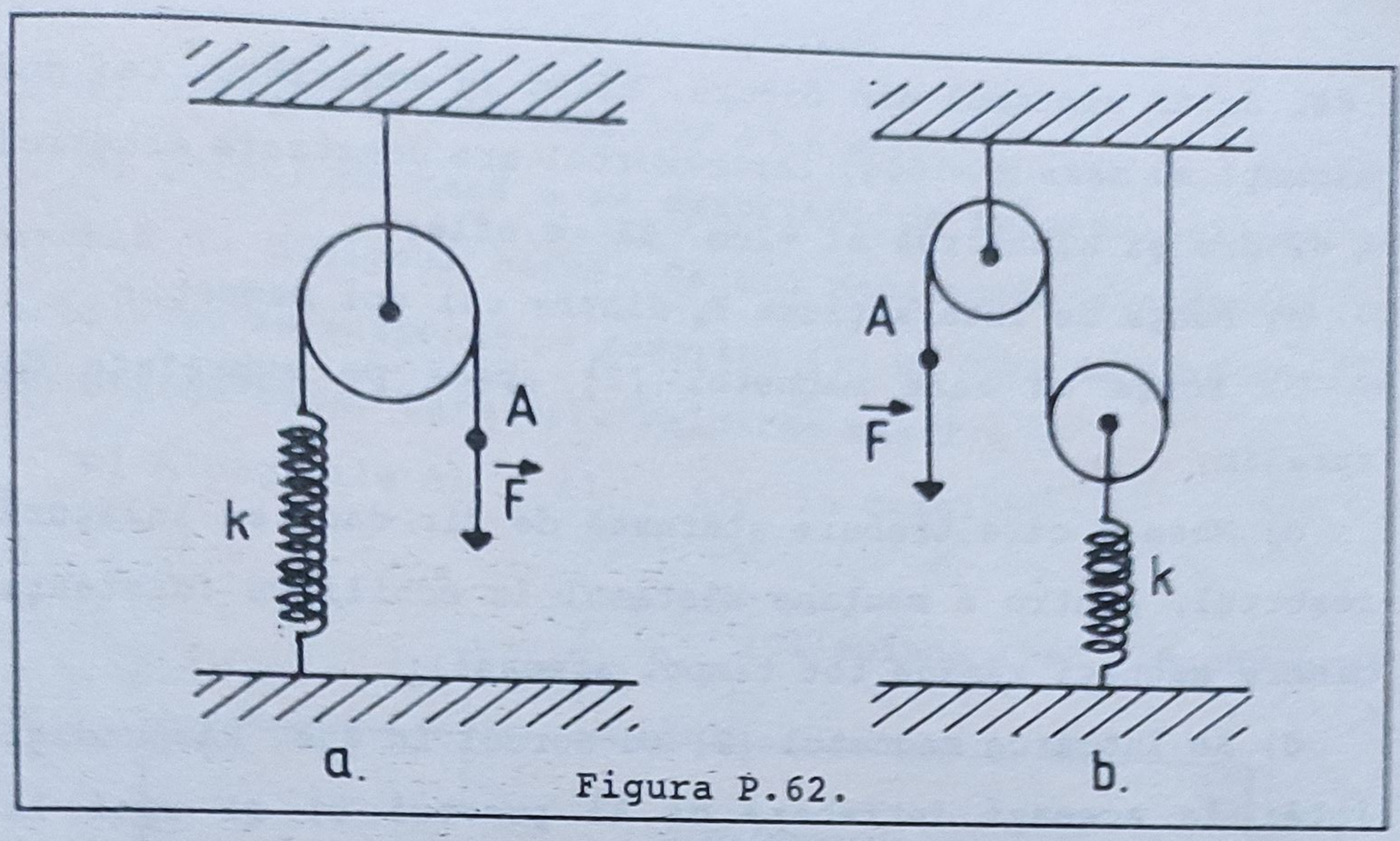


Figura P.62.

63. Dinamometrele D1 şi D2, firele şi scripetele au mase neglijabile. Cunoscând m_1 =2kg, m_2 =5kg şi g =10N/kg, precizaţi indicaţiile celor două dinamometre.

(Olimpiadă 1993 - Bucureşti)

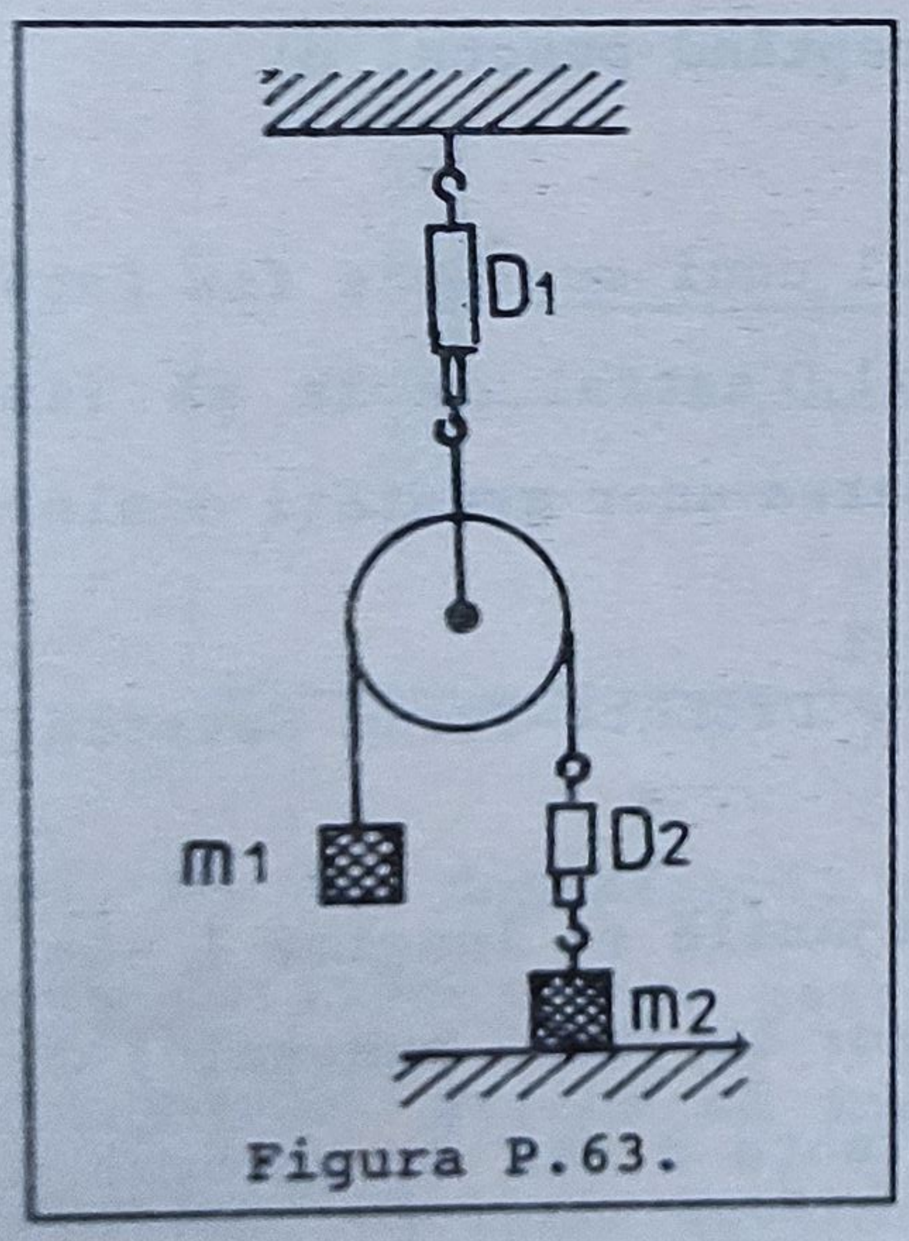


Figura P.63.

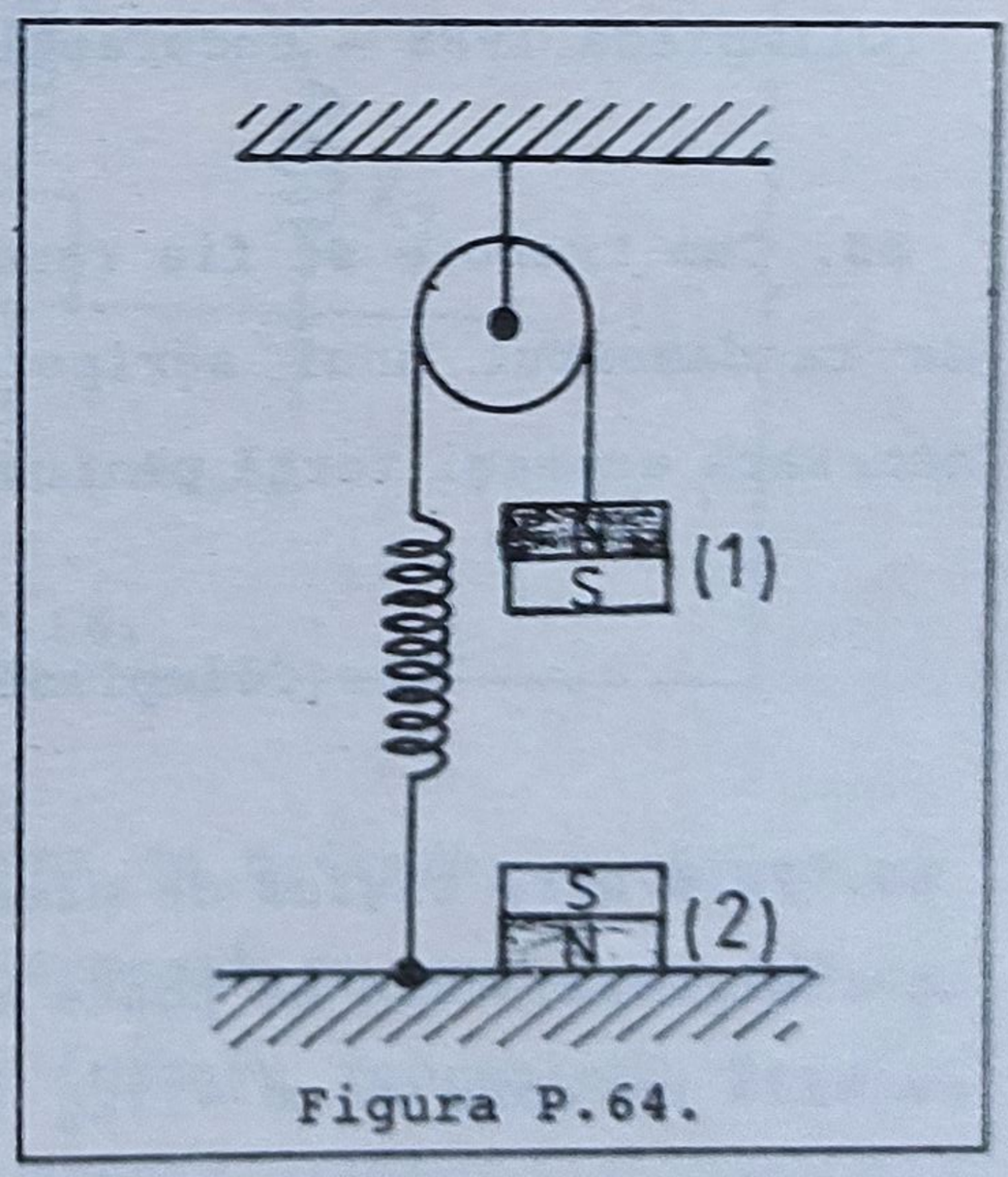


Figura P.64.

64. Se dă sistemul din figură, aflat în echilibru. Cei doi magneţi au masa M =100g, iar resortul are constanta elastică k =25N/m şi alungirea Δl =2cm. Să se afle:

a) Forţa de interacţiune F_m dintre cei doi magneţi;

b) Forţa cu care magnetul (2) apasă pe suprafaţa de sprijin;

c) Masa m care trebuie atârnată de fir dacă se înlătură resortul, pentru a menţine sistemul în echilibru (distanţa dintre magneţi rămâne tot timpul aceeaşi);

d) Se întoarce magnetul (2) cu nordul în sus. Răspundeţi întâi la aceeaşi întrebare ca la punctul c) şi apoi la întrebarea de la b).

Observaţie: Se presupune că distanţa dintre magneţi nu se schimbă pentru că forţele de interacţiune dintre magneţi depind de această distanţă.

(Olimpiadă 1988 - Bucureşti - exceptând punctul d)

65. Cum trebuie să fie randamentul unui scripete fix faţă de randamentul unui scripete mobil, astfel încât să fie necesară aceeaşi forţă pentru ridicarea unor greutăţi egale?

(Olimpiadă 1987 - Drobeta-Turnu Severin)

66. Pe o bară rigidă de masă neglijabilă şi lungime l =6m, în echilibru, care se poate roti uşor în jurul punctului O, se află un corp cu m =12kg la distanţa d =4m de punctul O (vezi figura). Dacă resorturile au constantele elastice k_1 = =200N/m, k_2 =400N/m şi k_3 =600N/m, să se afle:

a) alungirile resorturilor Δl_1, Δl_2, Δl_3.

b) corpul de masă m se desprinde de resortul (1) şi se aşează la mijlocul barei. Pentru menţinerea sistemului în echilibru se suspendă de resortul (1) un corp de masă m' care nu atinge bara. Care este valoarea masei m'?

c) Alungirile $\Delta l_1'$, $\Delta l_2'$, $\Delta l_3'$ în cazul b.

(Olimpiadă 1988 - Bucureşti)

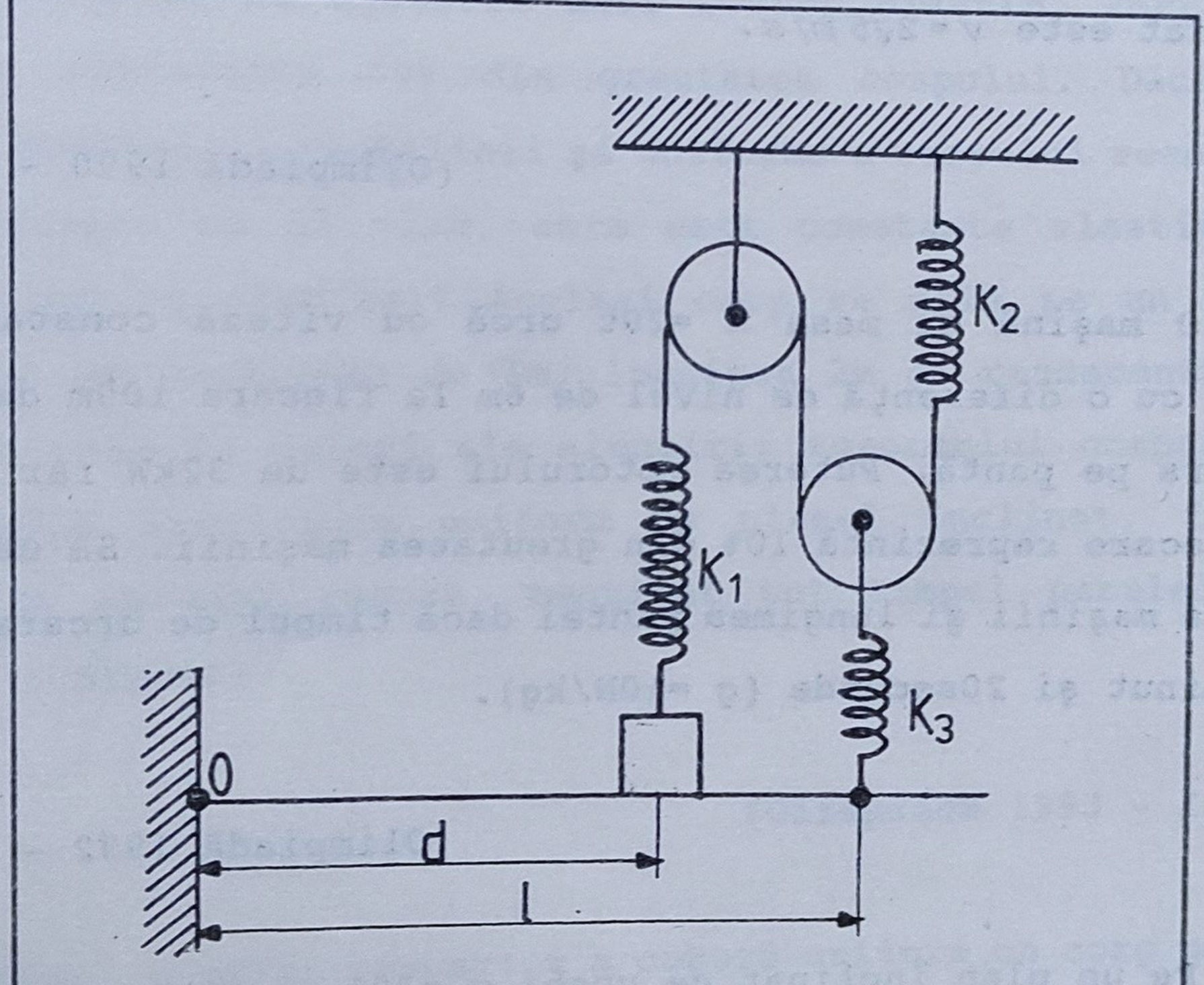


Figura P.66.

67. Un cal deplasează, cu viteza de 5,4km/h, o căruţă cu masa de 1000kg pe o pantă ce formează un unghi de 30° cu orizontala. Ştiind că forţa de frecare reprezintă 2% din greutatea căruţei, determinaţi puterea calului.

(Olimpiadă 1989 - Iaşi)

68. Pe un plan înclinat cu lungimea l =2m şi înălţimea h =1m este urcat cu viteză constantă un corp cu greutatea G =100N, trăgând cu o forţă F =60N, paralelă cu planul înclinat. Să se afle:

a) ce valoare are forţa de frecare exercitată între corp şi planul înclinat;

b) randamentul planului înclinat;

c) în cât timp corpul lăsat liber ajunge la baza planului înclinat dacă viteza cu care ajunge la baza planului înclinat este $v = 2\sqrt{5}\ m/s$.

(Olimpiadă 1990 - Iaşi)

69. O maşină cu masa m =20t urcă cu viteză constantă o pantă cu o diferenţă de nivel de 6m la fiecare 100m de drum parcurs pe pantă. Puterea motorului este de 32kW iar forţa de frecare reprezintă 10% din greutatea maşinii. Să se afle viteza maşinii şi lungimea pantei dacă timpul de urcare este de 1minut şi 20secunde (g =10N/kg).

(Olimpiadă 1992 - Iaşi)

70. Pe un plan înclinat de unghi $\alpha = 30°$ se află un corp de masă m =5kg, legat prin intermediul unui resort de vârful planului. Resortul se întinde paralel cu planul (sub acţiunea corpului) cu Δl =2cm. Să se afle:

a) componenta normală a greutăţii pe plan;

b) constanta elastică a resortului (se neglijează frecarea).

c) Dacă în locul resortului acţionează o forţă F =25N paralelă cu planul îndreptată în sus şi forţa de frecare,

care în cazul deplasării corpului pe plan are valoarea F_f =3N, care este sensul de mişcare al corpului?

d) Calculaţi randamentul planului înclinat în cazul punctului c).

Se va lua g =10 N/kg.

(Olimpiadă 1984 - Iaşi)

71. Pe o suprafaţă orizontală un corp de masă m =2kg este tras orizontal cu ajutorul unui resort elastic. Forţa de frecare reprezintă 30% din greutatea corpului. Dacă în timpul deplasării rectilinii şi uniforme a corpului resortul se alungeşte cu Δl =2cm, care este constanta elastică a resortului (g =10N/kg)? Acelaşi corp se află pe un plan înclinat cu înalţimea de 1m, lungimea 2m şi randamentul η =80%. Pentru ce valori ale alungirii resortului corpul se deplasează rectiliniu uniform pe planul înclinat, fiind prins de acelaşi resort, menţinut tot timpul paralel cu planul înclinat?

(Olimpiadă 1993 - Iaşi)

72. Pentru a urca, respectiv a coborâ uniform un corp pe un plan înclinat de unghi α =30°, se aplică corpului forţele F_1 =98N respectiv F_2 =49N, paralele cu planul şi orientate spre vârful planului. Să se calculeze, luând g =10 N/kg :

a) masa corpului;

b) forţa de frecare la alunecare pe plan;

c) randamentul planului.

(Olimpiadă 1993 - Iaşi)

73. Un corp este menţinut în repaus pe un plan înclinat dacă i se aplică o forţă în sus, de-a lungul planului. Valoarea minimă a acestei forţe este F_1 =8N iar valoarea maximă F_2 =10N. Să se calculeze valoarea forţei de frecare care apare la lunecarea corpului pe planul înclinat. Se modifică rezultatul dacă prin F_2 =10N înţelegem forţa paralelă cu planul care trage corpul uniform în sus pe plan?

74. Un corp cu masa de 2kg este ridicat, folosind un cablu acţionat de un motor, pe un plan înclinat cu lungimea de 1m, înălţimea de 0,6m şi randamentul de 75%. Să se determine:

a) componentele greutăţii paralelă cu planul şi perpendiculară pe plan;

b) viteza cu care este ridicat corpul uniform pe plan, dacă puterea motorului este P =80W;

c) cu ce viteză va fi coborât corpul uniform pe plan dacă puterea motorului rămâne constantă?

(Olimpiadă 1986 - Iaşi)

75. Un corp cu masa m =10kg se află pe un plan înclinat cu lungimea l =10m şi înălţimea h =5m. Randamentul planului este η =80%. Iniţial corpul este menţinut în repaus pe plan cu ajutorul unui resort de constantă elastică k =125N/m. Să se determine:

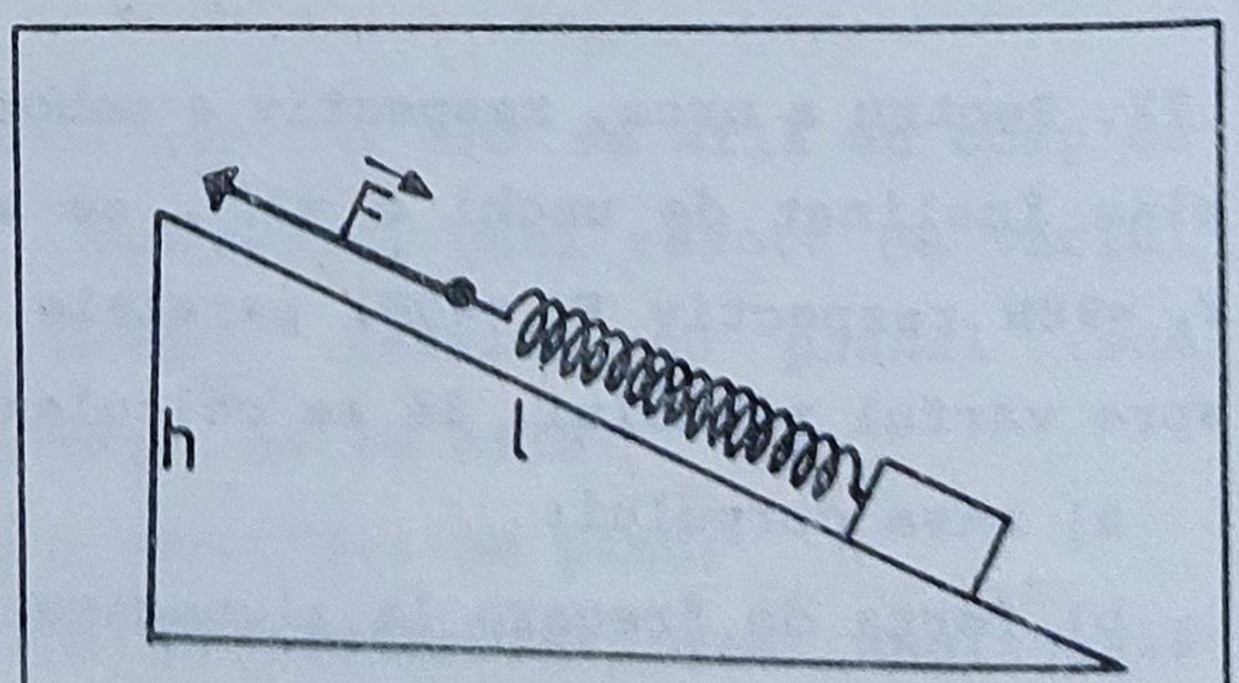


Figura P.75.

a) forţa de frecare dintre corp şi plan;

b) care este deformarea minimă şi maximă a resortului astfel încât corpul să rămână în repaus pe plan?

c) presupunând corpul în repaus pe plan în cazul deformării minime, la un moment dat resortul începe să fie tras în sus pe plan cu viteza constantă v =0,5m/s. După cât timp corpul va fi pus în mişcare?

(Olimpiadă 1986 - Iaşi)

76. Se realizează montajul de scripeţi şi plan înclinat din figură. Scripeţii se consideră ideali iar randamentul planului înclinat este η =75%. Masa talerului este m = 100g iar unghiul planului înclinat α = 30°.

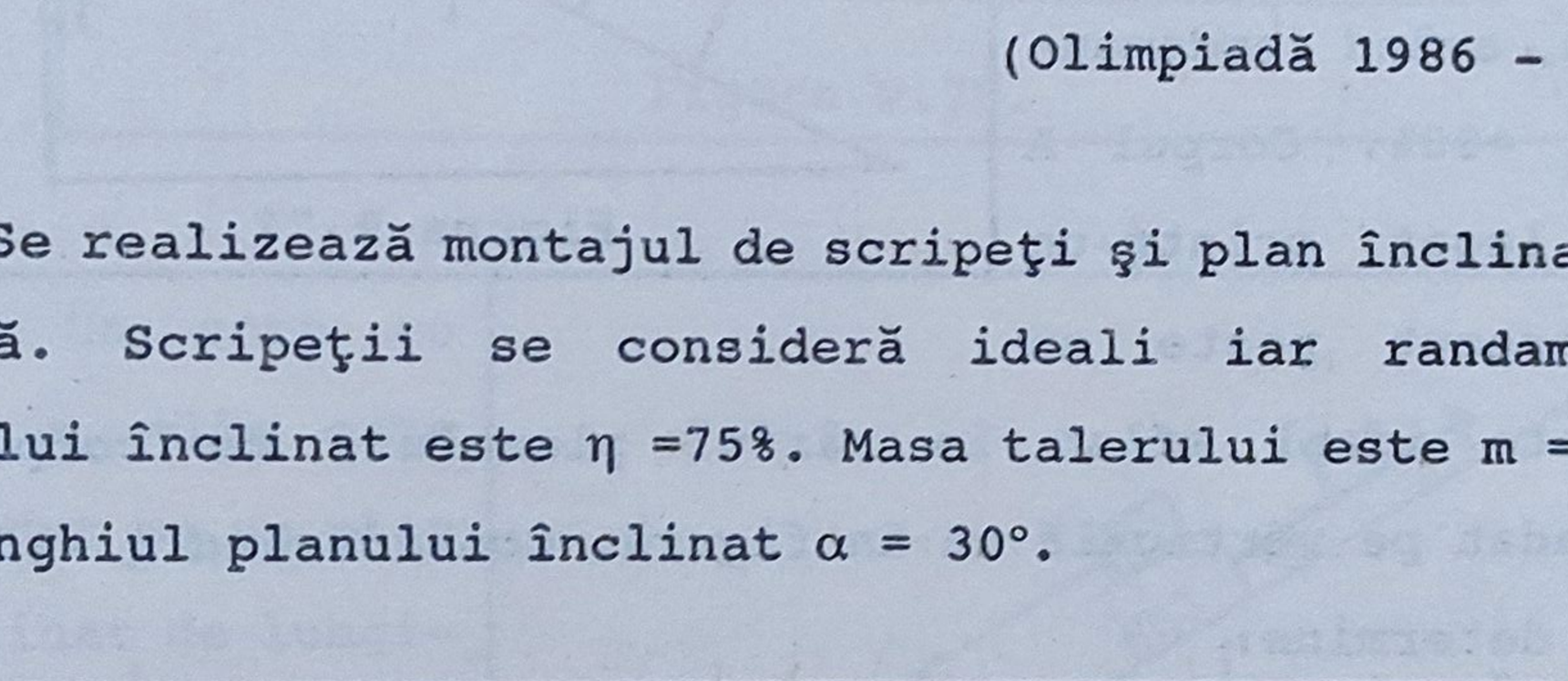


Figura P.76.

a) Cę masă m are corpul aflat pe planul înclinat, dacă acesta alunecă uniform către baza planului?

b) Ce cantitate de nisip trebuie turnată pe taler, astfel încât corpul aflat pe planul înclinat să urce uniform pe el?

(Olimpiadă 1991 - Iaşi)

77. Un corp A cu masa m_A =4kg se află pe un plan înclinat cu înălţimea h =2m şi lungimea l =10m, având randamentul η =80%. Corpul A este legat printr-un fir trecut peste un scripete ideal aflat în vârful planului, de corpul B, suspendat pe verticală ca în figură. Considerând g =10N/kg, să se determine:

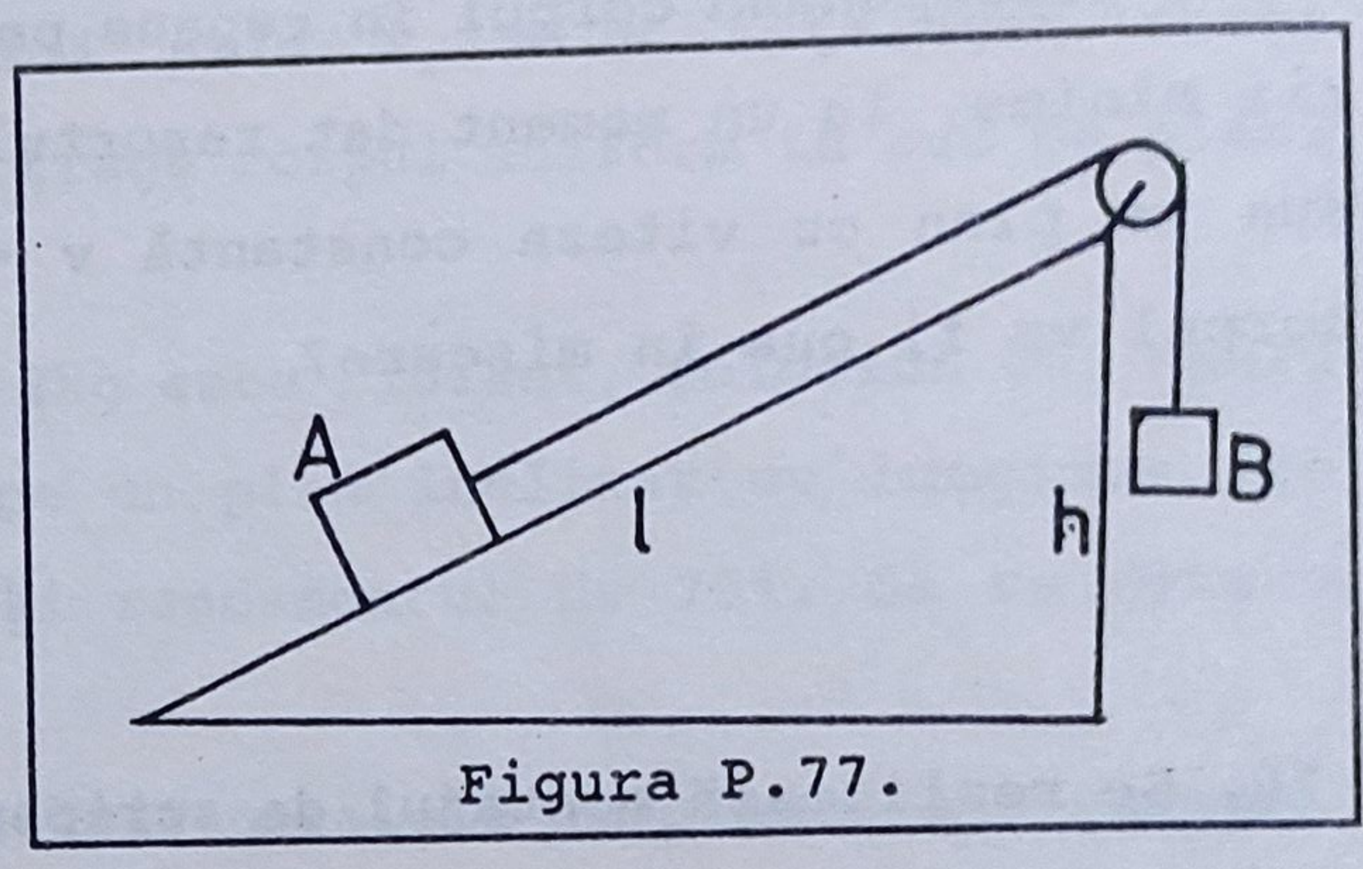


Figura P.77.

a) valorile masei corpului B pentru care mişcarea este uniformă;

b) indicaţiile unui dinamometru (intercalat pe firul AB) în timpul mişcării ansamblului de corpuri AB în condiţiile punctului a). Greutatea dinamometrului este neglijabilă.

(Olimpiadă 1992 - Iaşi)

78. Două plane înclinate alăturate au aceeaşi înălţime h =2m şi unghiuri diferite: α_1 =30° şi α_2 = 45°. Două corpuri de mase m_1 =0,5kg şi m_2 sunt legate prin intermediul unui fir trecut peste un scripete fix ideal aşezat în vârful planelor. Ştiind că forţele de frecare reprezintă 10 % din forţele de apăsare normală a corpurilor pe plane, să se

calculeze valorile maximă şi minimă ale masei m_2 pentru care sistemul rămâne în echilibru.

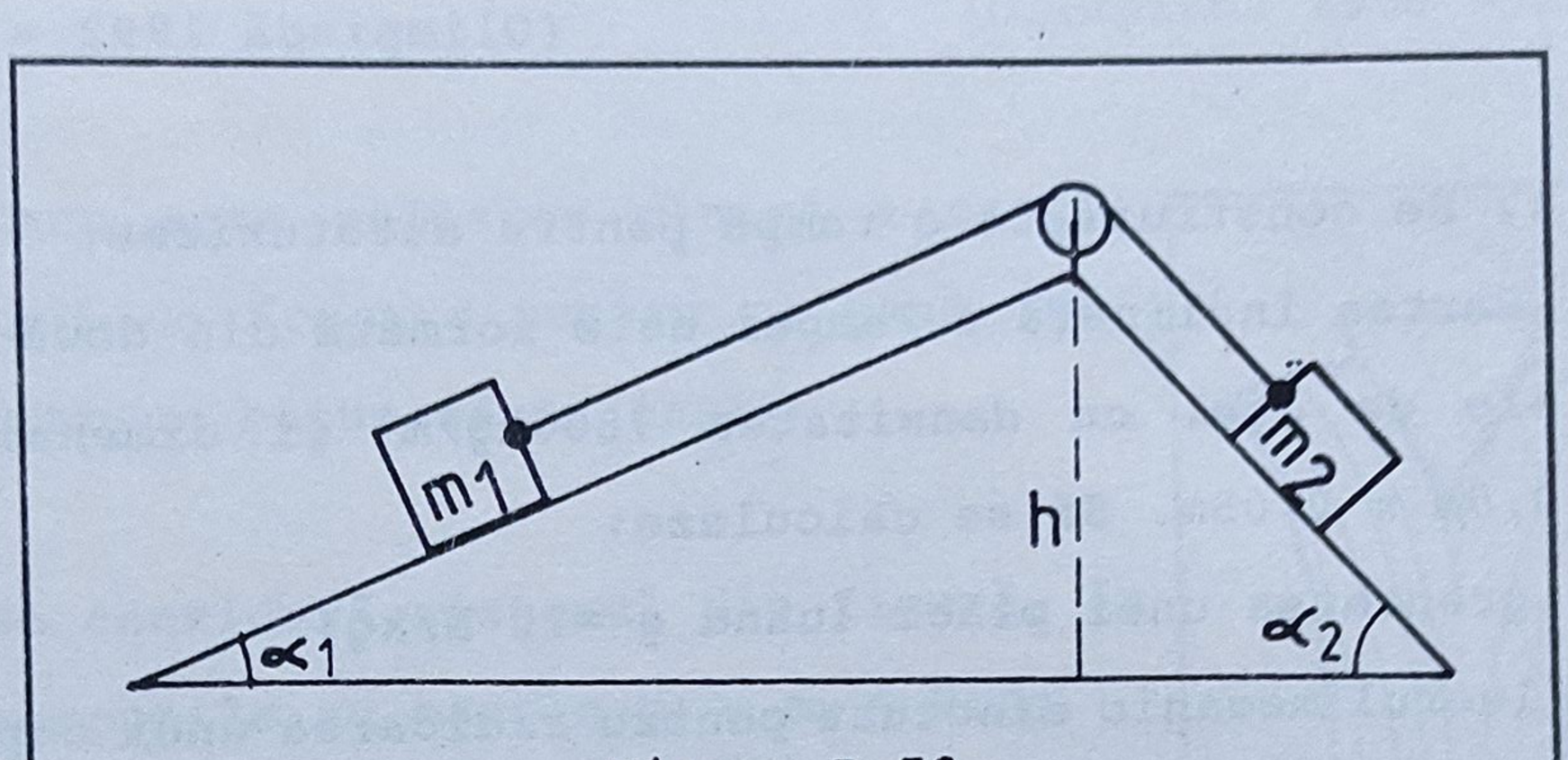


Figura P.78.

79. Un corp cu masa m_1 =1kg este ridicat pe un plan înclinat de lungime l =5m şi înălţime h =4m, având randamentul mecanic η =8/11.

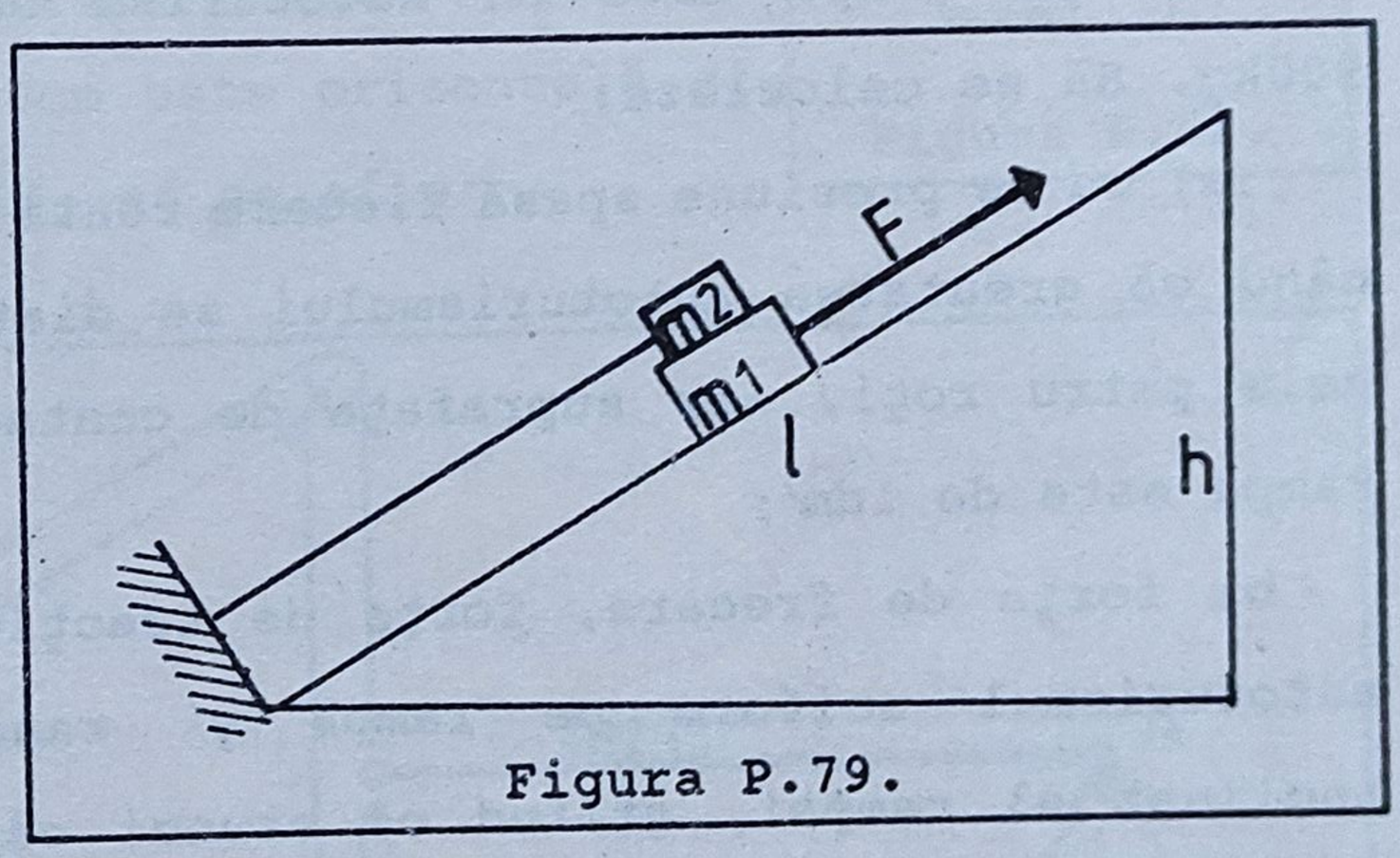


Figura P.79.

a) Să se determine raportul dintre forţa de frecare ce apare între corp şi plan şi forţa cu care corpul apasă perpendicular pe plan (coeficientul de frecare μ);

b) Peste corpul de masă m_1 se aşează un alt corp de masă m_2 =0,5kg, legat de un perete, ca în figură. Pentru a ridica corpul m_1 cu viteza v =5cm/s pe planul înclinat, este necesară, în acest caz, o putere P =1W. Ştiind că raportul dintre forţa de frecare ce apare între corpul de masă m_1 şi plan şi forţa de apăsare perpendiculară pe plan este cel determinat

la punctul a, să se calculeze forţa de frecare dintre corpurile m_1 şi m_2 (g =10N/kg).

(Olimpiadă 1992 - Iaşi)

80. 1. Se construieşte o rampă pentru autoturisme.

1. Partea înclinată a rampei este formată din două plăci paralele de oţel cu densitatea 7800kg/m^3 şi dimensiunile 5m x 0,5m x 0,05m. Să se calculeze:

a) greutatea unei plăci luând g =10 N/kg;

b) lucrul mecanic efectuat pentru ridicarea unui capăt al plăcii la înălţimea de 1m.

2. Pe rampă urcă un autoturism Dacia 1410 cu masa 900kg. Să se calculeze:

a) cu ce presiune apasă fiecare roată pe rampă, presupunând că greutatea autoturismului se distribuie uniform pe cele patru roţi, iar suprafaţa de contact a unei roţi cu rampa este de 1dm^2;

b) forţa de frecare, forţa de tracţiune pentru a urca autoturismul uniform pe rampă şi randamentul planului înclinat al rampei, ştiind că atunci când maşina coboară uniform pe rampă forţa de tracţiune este de 500N, orientată în sus.

(Olimpiadă 1988 - etapa naţională)

81. Un camion urcă o pantă cu viteza v =14,4km/h. La coborâre, pe aceeaşi pantă, el are viteza v =6m/s la aceeaşi putere a motorului. Ce viteză va avea camionul pe un drum orizontal, la aceeaşi putere a motorului, ştiind că forţa

de frecare pe drum orizontal reprezintă $2\sqrt{3}/3$ din forţa de frecare pe plan înclinat?

(Olimpiadă 1990 - Iaşi)

82. Care este valoarea minimă a coeficientului de frecare pentru ca pana bătută într-un butuc să nu iasă?

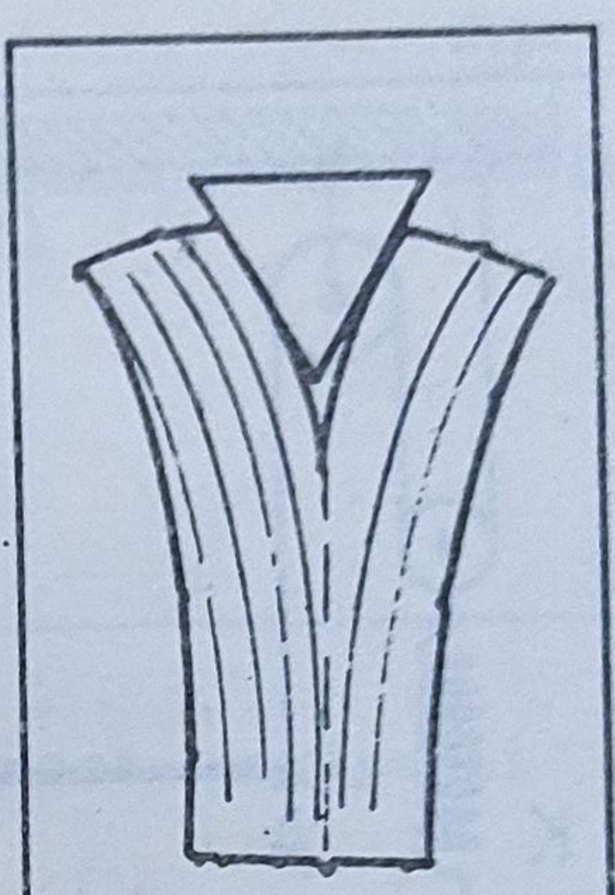


Figura P.82.

83. Se consideră sistemul din figură, în care corpurile au masele $m_1 = m_2 = 2kg$; unghiul $\alpha = 30°$ iar frecările la scripete sunt neglijabile. Ştiind că bara rigidă de lungime AB = l = 40cm este orizontală şi are masa neglijabilă, să se afle:

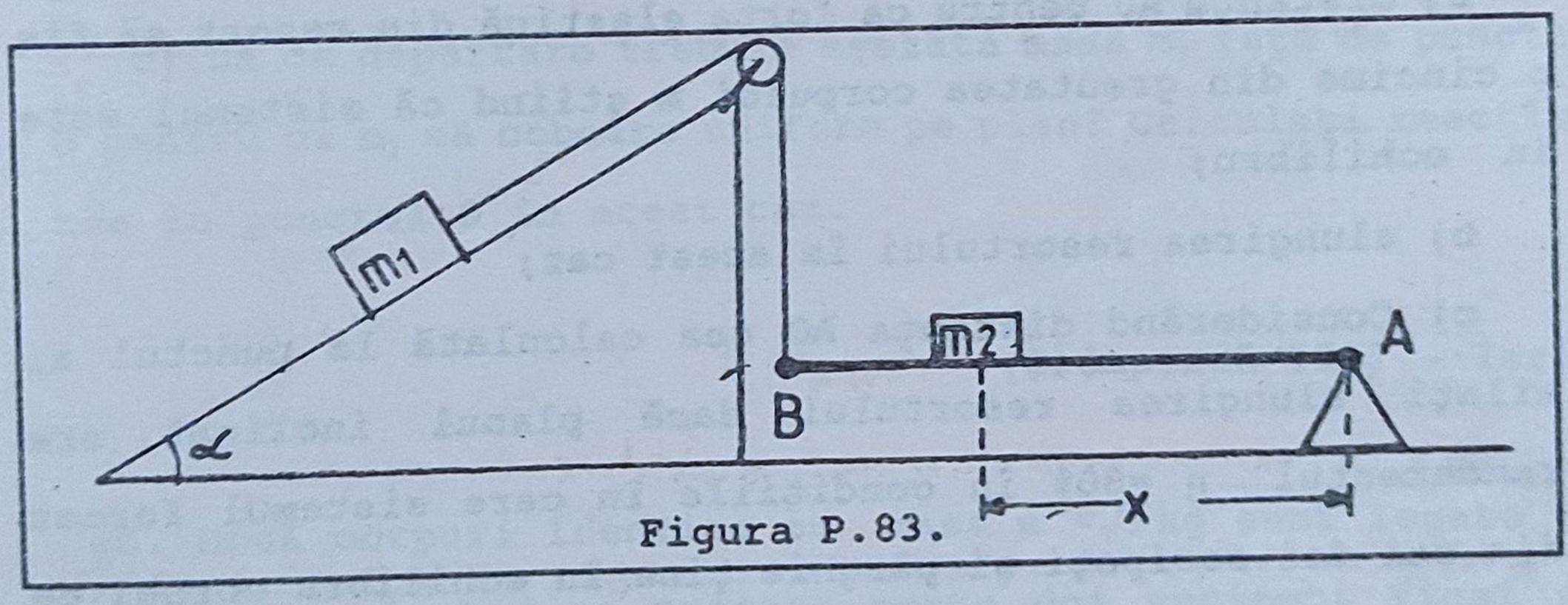


Figura P.83.

a) Reacţiunea în punctul A şi distanţa x pentru care sistemul este în echilibru, considerând frecările pe planul înclinat neglijabile;

b) Valorile minimă şi maximă ale distanţei x pentru care sistemul este în echilibru în cazul când randamentul planului înclinat este $\eta = 2/3$ ($g = 10$ N/kg).

(Olimpiadă 1990 - etapa naţională)

84. Se dă sistemul din figură. Se cunosc: masa corpului m =1kg, lungimea planului l =2m, înălţimea lui h =1m, lungimea pârghiei L =0,5m, constanta elastică a resortului k =1000N/m. Consideránd toate elementele ideale, calculaţi:

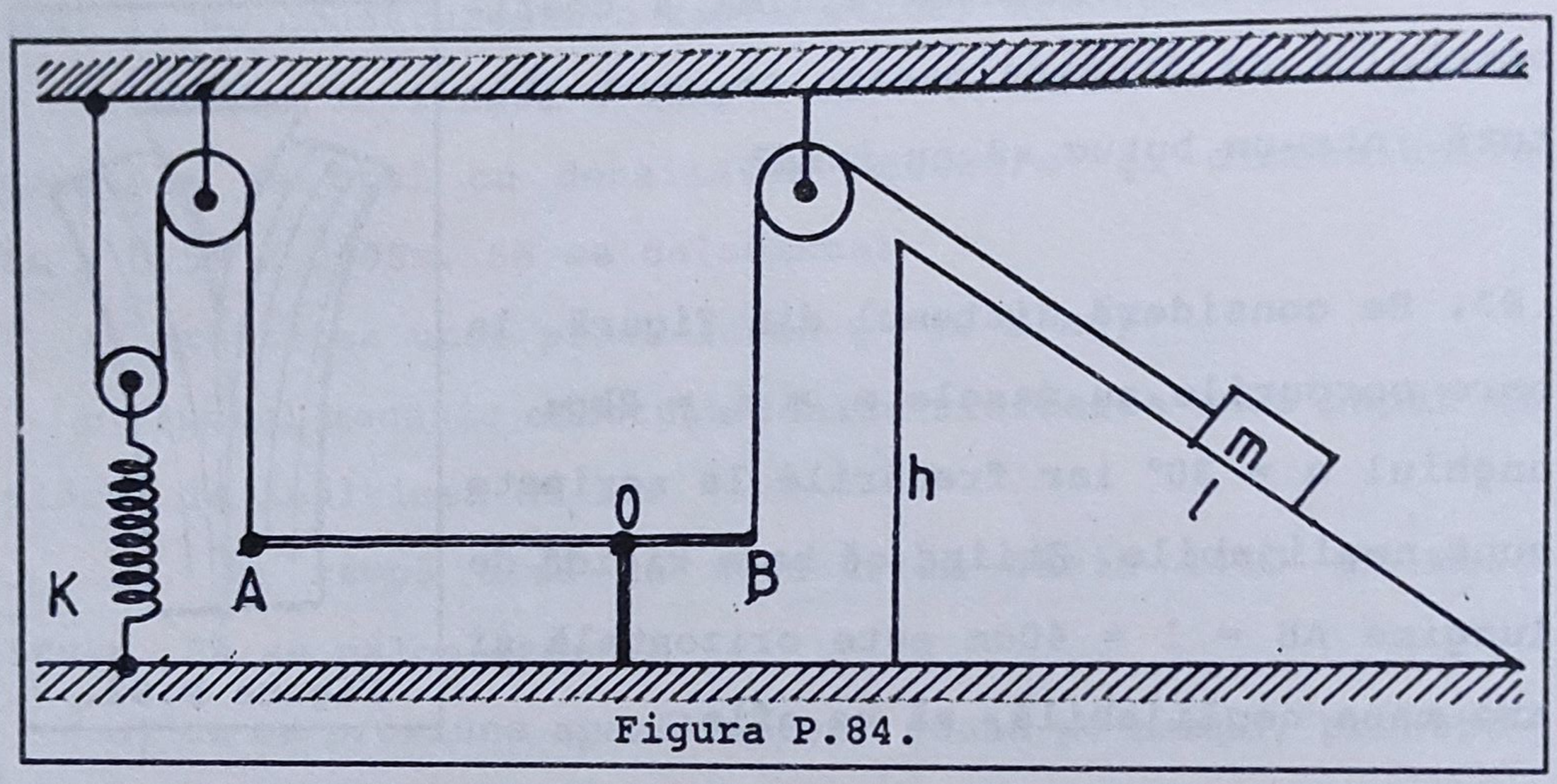


Figura P.84.

a) distanţa A0 pentru ca forţa elastică din resort să fie o cincime din greutatea corpului m ştiind că sistemul este în echilibru;

b) alungirea resortului în acest caz;

c) Consideránd distanţa AO cea calculată la punctul a, aflaţi alungirea resortului dacă planul înclinat are randamentul η =80% în condiţiile în care sistemul format din cei doi scripeţi şi pârghie ţine în echilibru corpul de masă m pe planul înclinat (g =10N/kg).

(Olimpiadă 1991 - Iaşi)

85. Un corp cu masa m_1 =6kg este ridicat uniform pe un plan înclinat cu înălţimea h =1m şi lungimea l =5m (figura P.85.). Pentru ca în timpul ridicării bara AB, de masă neglijabilă să rămână orizontală, în punctul B este aşezat

un corp de masă m_3 =0,5kg. Ştiind că AO =0,2m şi OB =0,6m, să se determine:

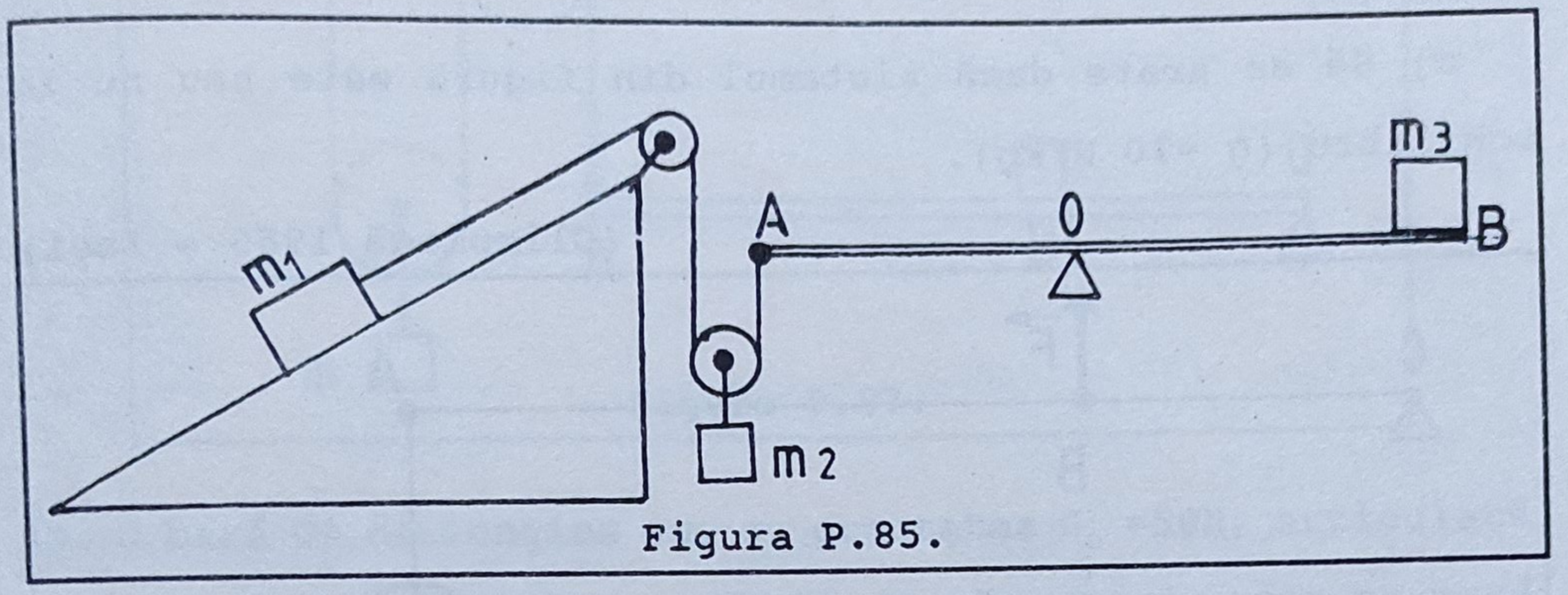


Figura P.85.

a) Randamentul planului înclinat dacă scripeţii şi pârghia AB sunt consideraţi ideali;

b) masa m_2' a corpului legat de furca scripetelui mobil, pentru care m_1 coboară uniform pe plan;

c) La ce depărtare trebuie aşezată masa m_3 faţă de punctul O pentru ca m_1 să coboare uniform pe plan? Calculaţi reacţiunea în punctul O în acest caz.

(Olimpiadă 1987 - Iaşi)

86. Două corpuri identice cu masa m =$\sqrt{2}$kg sunt legate de capetele a două fire trecute peste doi scripeţi ficşi şi prinse în punctul C de un alt fir ca în figură. Cele două fire de suspensie formează cu verticala punctului C câte un unghi de 45°. Se consideră toate mecanismele ca fiind ideale.

a) Să se reprezinte forţa care acţionează în punctul C, indicându-se toate elementele ei;

b) Ştiind că lungimea pârghiei OA = l şi OB = l/3 iar forţa care acţionează în punctul B este F =120N, să se

determine ce forţă trebuie aplicată în punctul A pentru a menţine pârghia în echilibru, în absenţa sistemului de scripeţi;

c) Să se arate dacă sistemul din figură este sau nu în echilibru (g =10 N/kg).

(Olimpiadă 1985 - Iaşi)

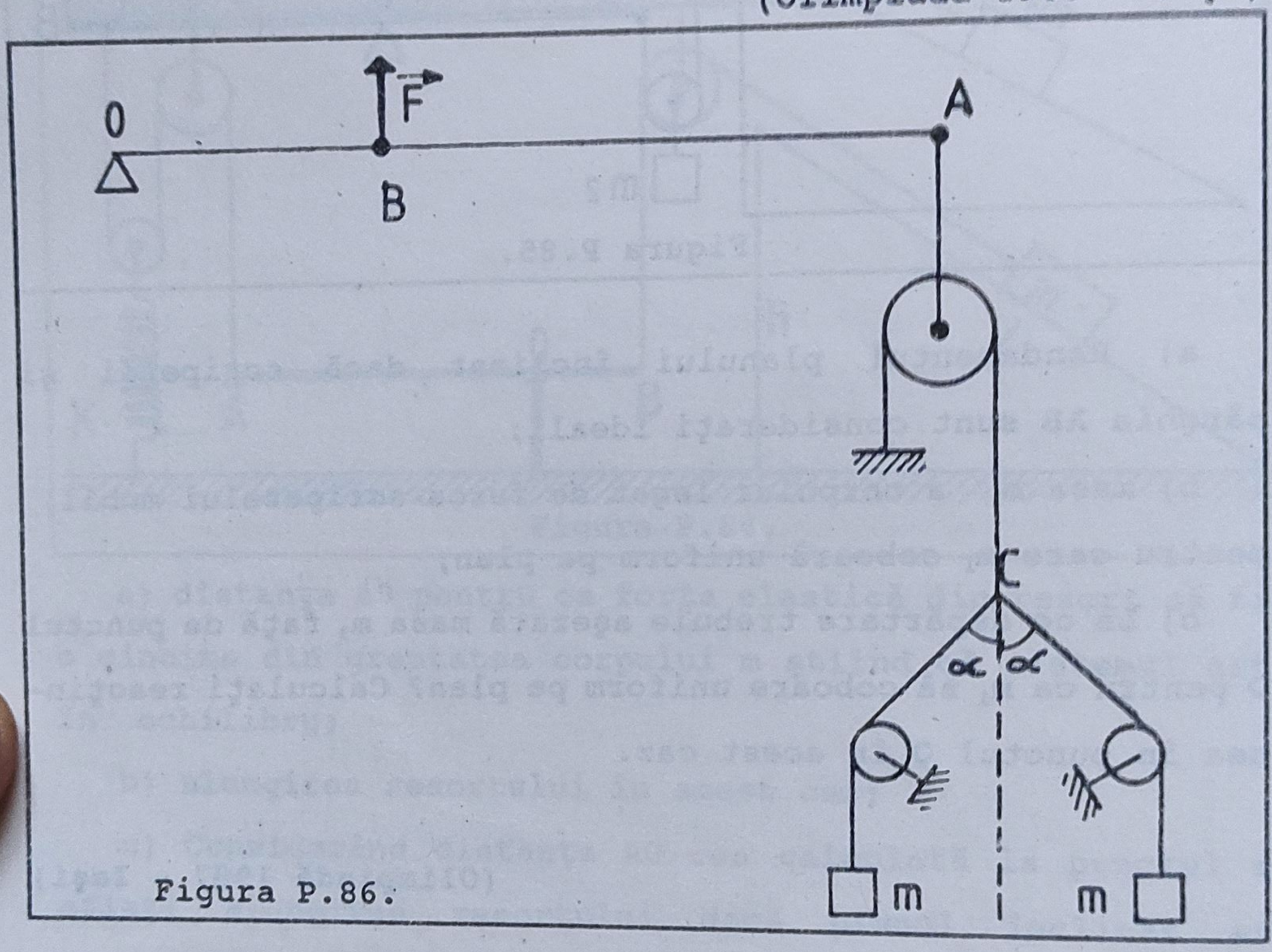


Figura P.86.

87.Considerăm sistemul din figură în care AO =40cm. Să se determine unde trebuie aşezat un pahar plin cu apă de volum V =40cm^3 astfel ca atunci când de scripetele mobil se leagă un corp cu masa m =50g, apa să nu se verse. Dacă paharul se află la jumătatea lui AO, ce masă trebuie să aibă corpul?

Se dau: $\rho_{apă}$ =1000kg/m^3; g =10N/kg iar masa pârghiei şi a paharului gol se neglijează.

(Olimpiadă 1984 - Iaşi)

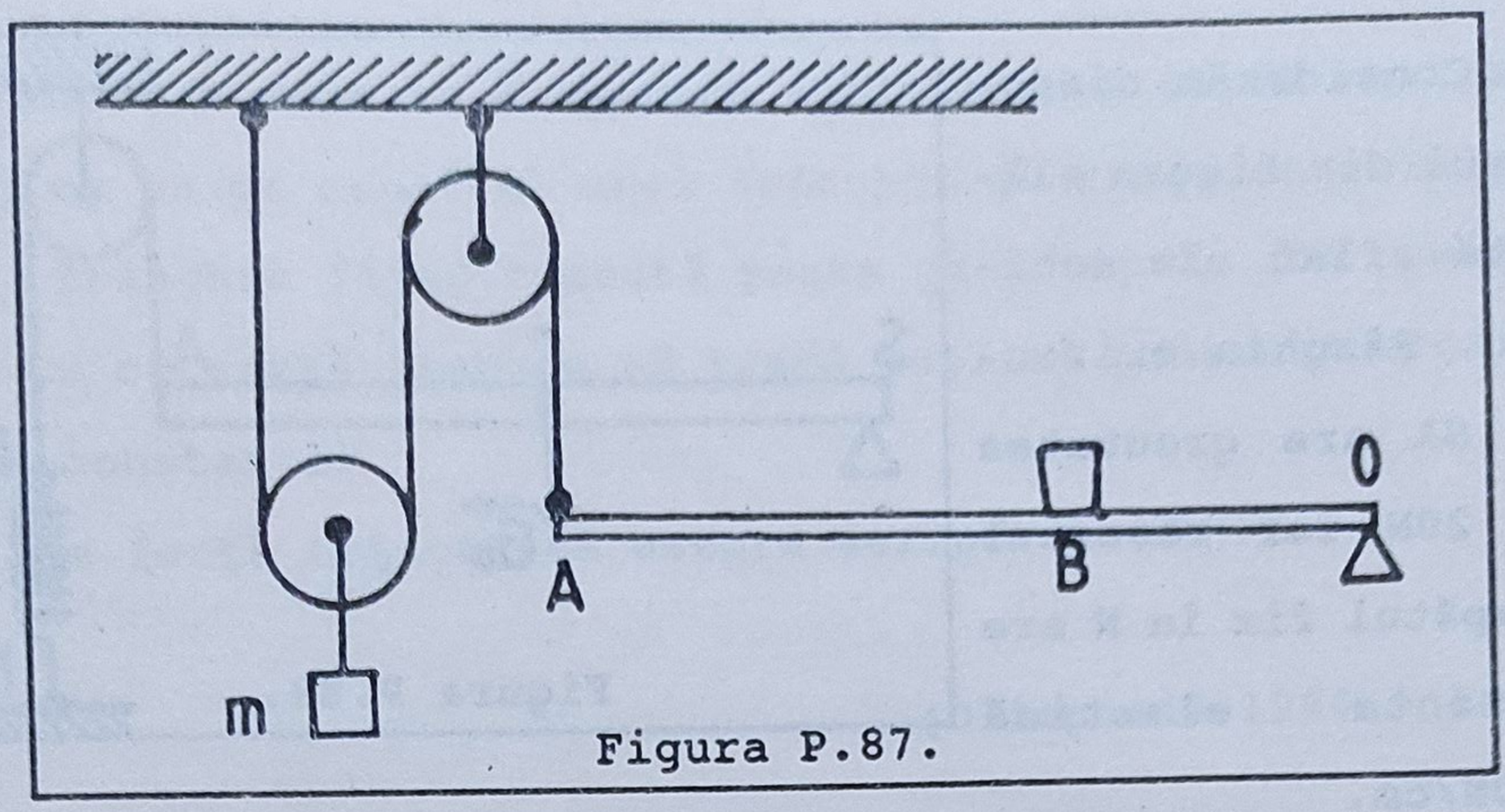


Figura P.87.

88. O bară OA de lungime 4m, cu greutatea G_o =50N, articulată în punctul O, la mijlocul căreia se găseşte un corp de masă m_1 =10kg este aşezată orizontal. Se trage de scripetele S_2 (ideal) cu forţa $\vec{F}$.

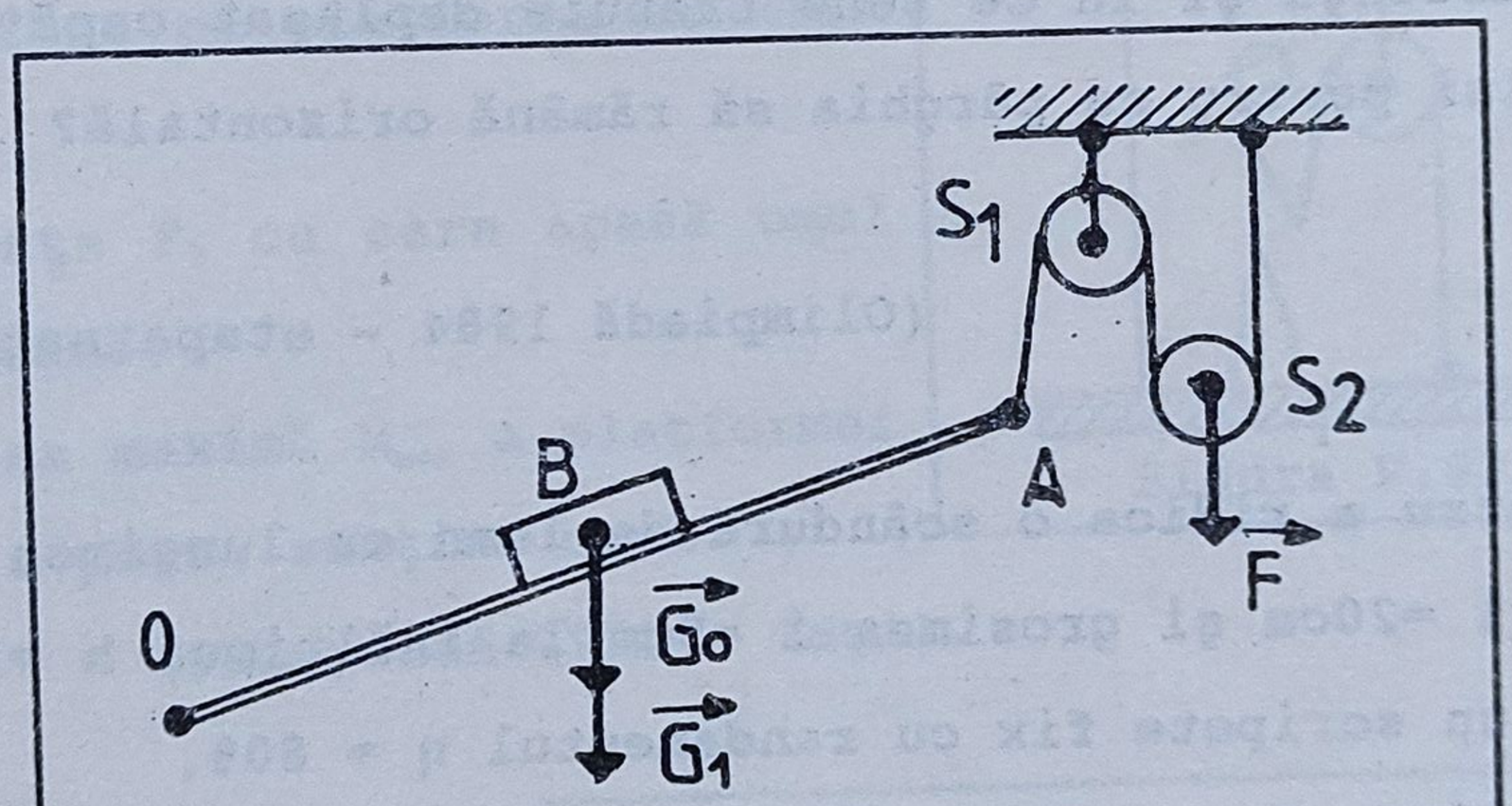


Figura P.88.

a) Să se calculeze valoarea forţei F pentru ca pârghia să înceapă să se ridice;

b) Cînd capătul A a ajuns la înălţimea de 1m, corpul începe să alunece. Să se afle forţa de frecare;

c) Ce lucru mecanic s-a cheltuit pentru aducerea barei în poziţia A?

(Olimpiadă 1986 - etapa naţională)

89. Considerăm dispozitivul din figura alăturată aflat în echilibru. Pârghia orizontală SA are greutatea G_o = 20N iar resortul cu capătul fix în N are constanta elastică k =20N/cm.

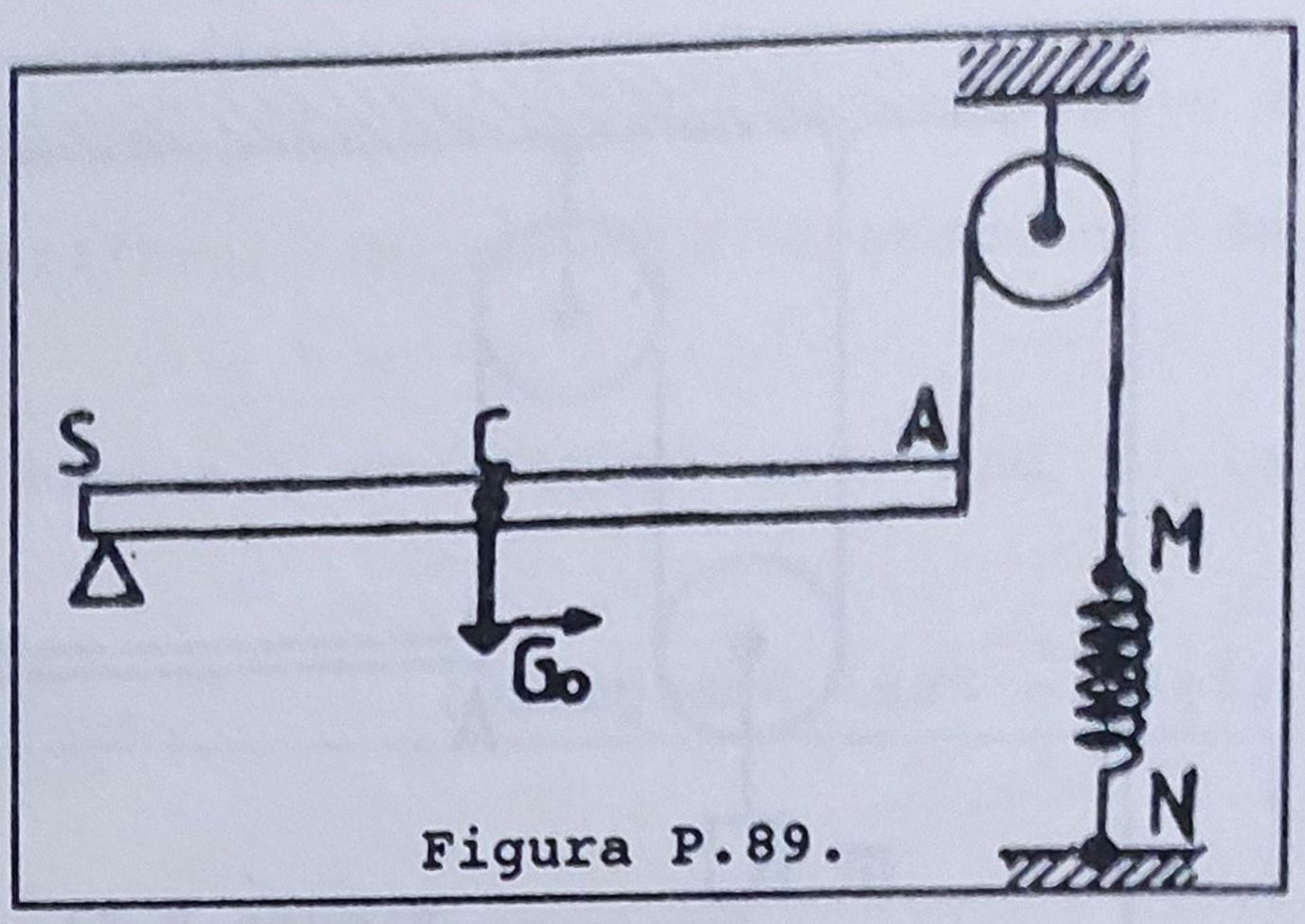


Figura P.89.

a) Ştiind că lungimea iniţială a resortului netensionat este l =5cm, ce lungime va avea acesta în situaţia dată?

b) Ce valoare are forţa elastică a resortului?

c) La mijlocul lui CA se aşează un corp cu greutatea $G=G_o$. Pe ce distanţă şi în ce sens trebuie deplasat capătul N al resortului pentru ca pârghia să rămână orizontală?

(Olimpiadă 1984 - etapa naţională)

90. Pentru a ridica o scândură de lemn cu lungimea L =2m, lăţimea l =20cm şi grosimea i =5cm la înălţimea h =10m s-a folosit un scripete fix cu randamentul η = 80%.

a) Ştiind că $\rho_{lemn}=0,5g/cm^3$ şi g =10N/kg, să se calculeze valoarea forţei F necesară ridicării scândurii cu viteză constantă;

b) Calculaţi valoarea lucrului mecanic efectuat de forţa $\vec{F}$, de greutatea $\vec{G}$ şi lucrul mecanic total;

c) Calculaţi valoarea puterii mecanice dezvoltate când scândura a fost ridicată cu viteza v =0,5m/s.

(Olimpiadă 1984 - Iaşi)

91. Pentru a urca la o anumită înălţime, un copil se leagă la mijloc cu un capăt al unei frânghii şi trage de celălalt capăt, frânghia fiind trecută peste un scripete fix ideal.

a) Cu ce forţă trebuie să tragă copilul pentru a urca cu viteză constantă?

b) Ce forţă acţionează asupra scripetelui?

(Olimpiadă 1986 - Iaşi)

92. Pentru sistemul din figură să se calculeze:

a) Forţa F_1 cu care trage firul un om cu masa m =60 kg pentru a sta în echilibru pe platforma de masă M =30kg.

b) Forţa F_2 cu care apasă omul pe platformă.

c) Masa maximă M_{max} a platformei pe care o poate susţine omul.

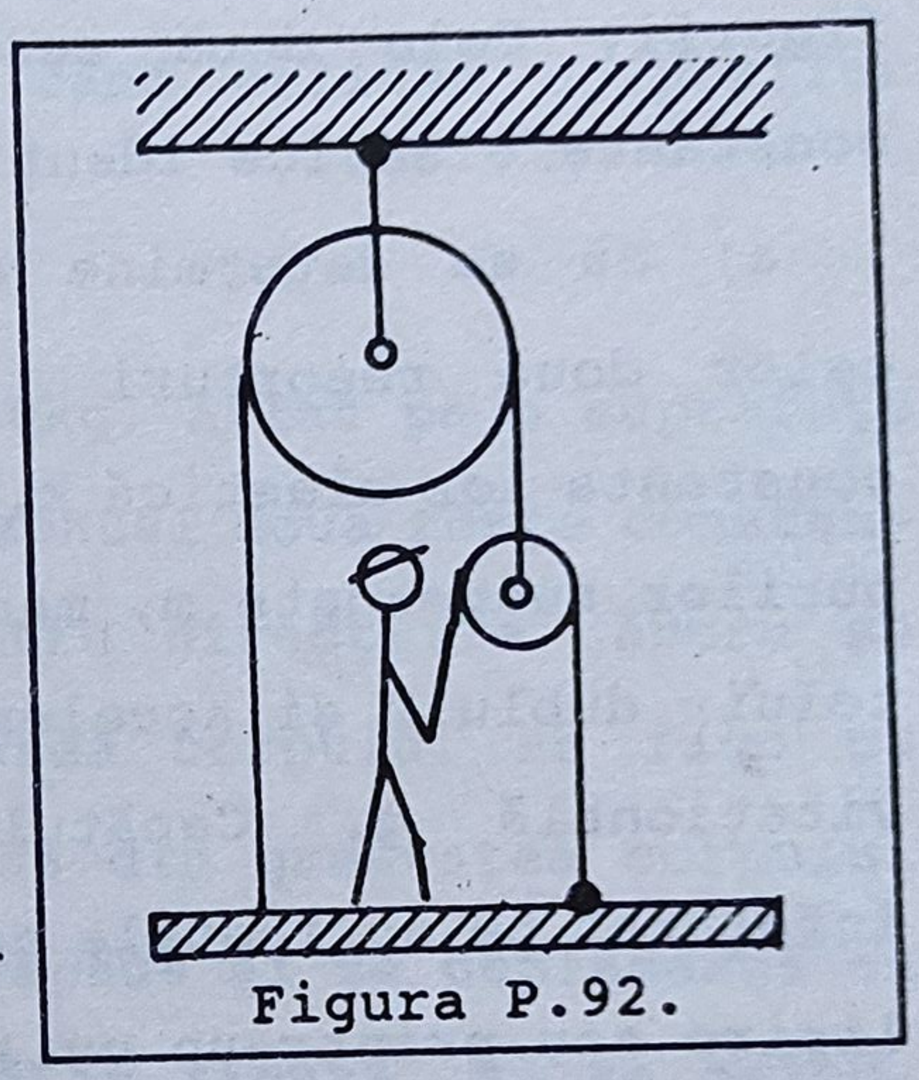


Figura P.92.

(Olimpiadă 1990 - Iaşi)

93. Se consideră sistemul din figură, în care scripetele şi pârghia se presupun ideale. Se dau OB/OA = 2/5; k = = 50N/m şi masa corpului suspendat m = 1kg. Să se determine

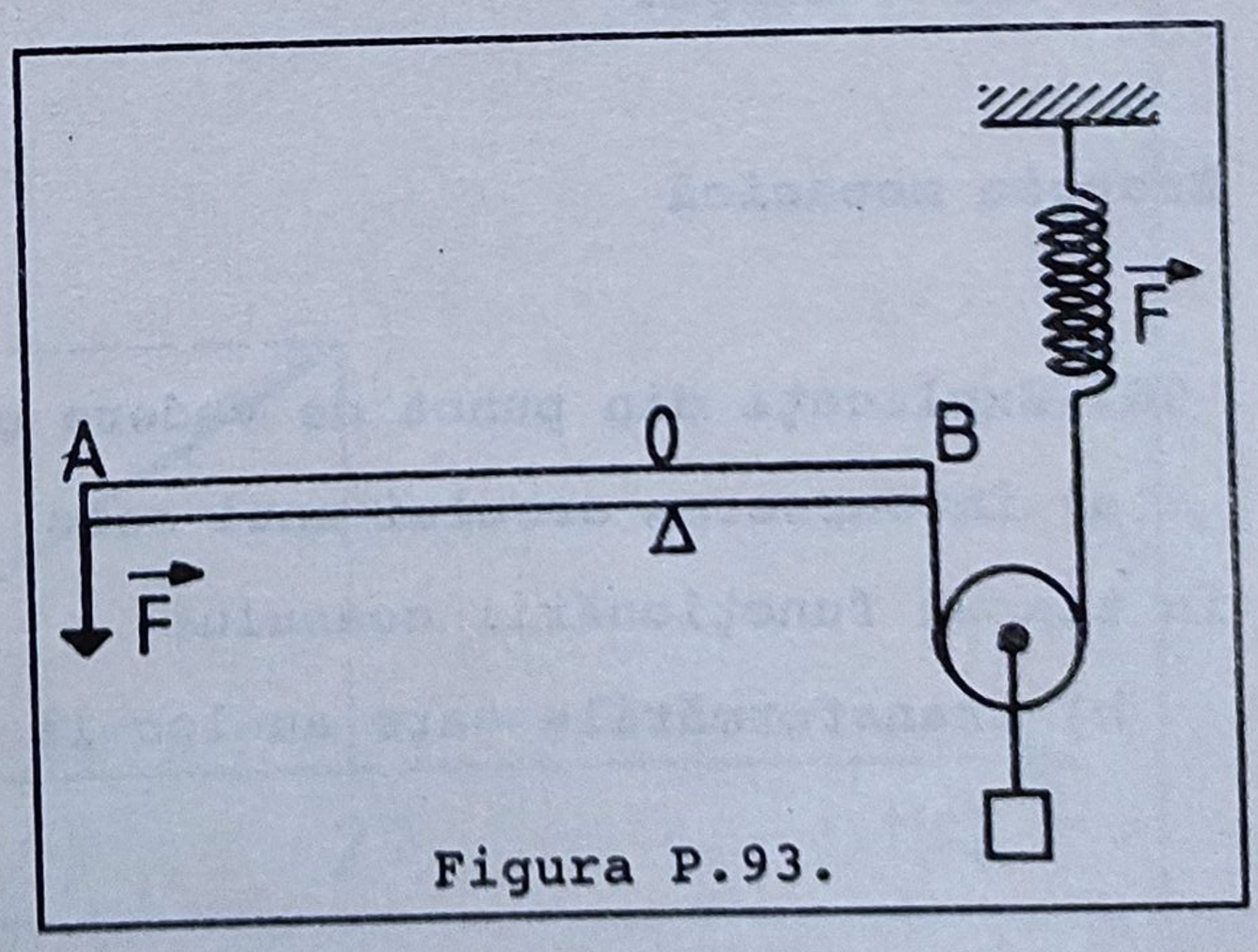


Figura P.93.

mărimea forţei F care menţine pârghia în echilibru şi alungirea resortului în acest caz. Se dă g =10N/kg.

(Olimpiadă 1992 - Iaşi)

94. Se sudează coaxial doi scripeţi de raze diferite R_1 şi R_2=$R_1/2$. Scripetele dublu se intercalează într-un dispozitiv conform figurii. Cele două resorturi au constante elastice identice.

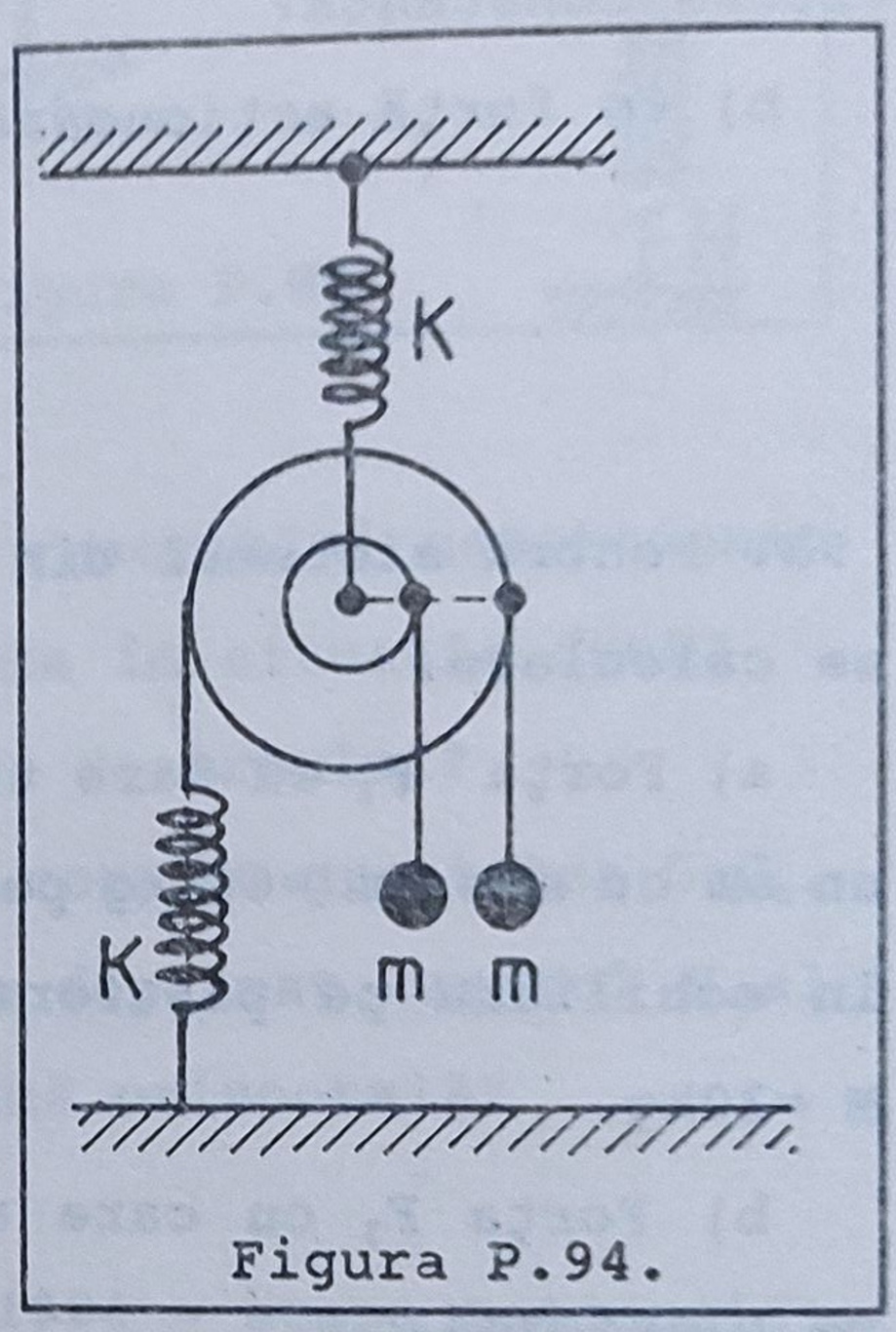


Figura P.94.

a) Să se determine alungirile celor două resorturi cunoscând constanta lor elastică k, masa corpurilor suspendate m, masa scripetelui dublu M şi acceleraţia gravitaţională g. Capătul firului înfăşurat pe scripetele de rază R_2 este fixat de acesta (prin lipire sau printr-un cui).

Energia mecanică

95. Explicaţi din punct de vedere energetic:

a) întoarcerea arcului unui ceas şi relaxarea acestuia în timpul funcţionării ceasului;

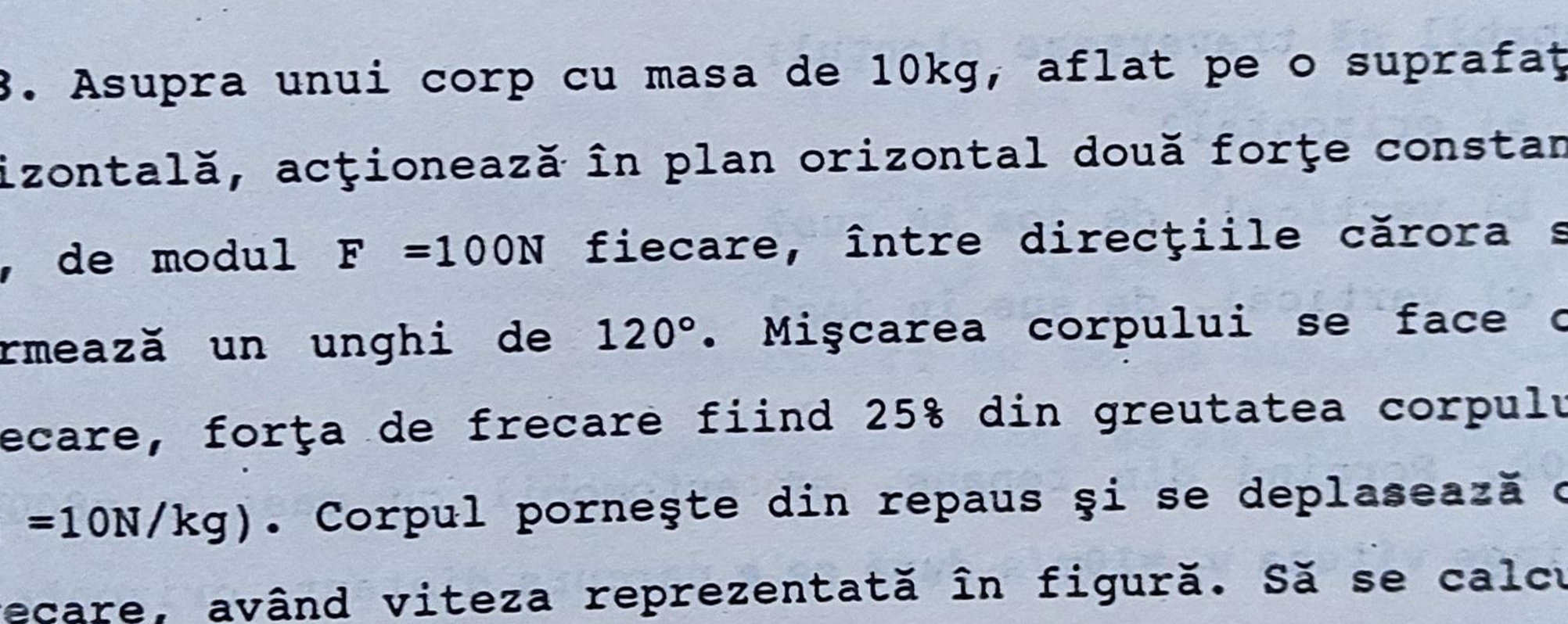
b) transformările care au loc la săritura cu prăjina.

96. Omul, consumând alimente, primeşte energie. Ce randament are maşina „OM" dacă efectuează un lucru zilnic egal cu 10MJ în urma consumului unor alimente ce-i furnizează 6000kcal (1calorie = 4,18J). Ce cantitate de pâine ar trebui să consume zilnic, pentru a fi capabil să dezvolte lucrul mecanic de mai sus, dacă fiecare kg de pâine furnizează aproximativ 2200kcal?

97. Două corpuri de mase diferite au aceeaşi viteză. În ce raport sunt distaţele de oprire când aplicăm corpurilor aceeaşi forţă de frânare?

98. Asupra unui corp cu masa de 10kg, aflat pe o suprafaţă orizontală, acţionează în plan orizontal două forţe constante, de modul F =100N fiecare, între direcţiile cărora se formează un unghi de 120°. Mişcarea corpului se face cu frecare, forţa de frecare fiind 25% din greutatea corpului (g =10N/kg). Corpul porneşte din repaus şi se deplasează cu frecare, având viteza reprezentată în figură. Să se calculeze:

Figura P.98.



a) Lucrul mecanic efectuat de rezultanta celor două forţe constante în timp de 2s.

b) Lucrul mecanic al forţei de frecare în acelaşi interval de timp.

c) Energia cinetică a corpului la momentul t =2s.

(Olimpiadă Iaşi - 1993)

99. Un glonţ traversează orizontal un copac de grosime d =25cm. Glonţul, de masă m =30g, intră cu viteza v_1 =700m/s şi iese cu viteza v_2 =100m/s. Să se calculeze forţa de frecare dintre glonţ şi copac. Ce grosime maximă ar fi capabil să traverseze glonţul:

a) orizontal?

b) vertical, de jos în sus?

c) vertical, de sus în jos?

100. Pornind din repaus, un automobil cu masa m =800kg atinge viteza v_1 =10m/s după ce a parcurs distanţa orizontală d_1 = 200m.

a) Să se determine forţa de tracţiune, dacă forţa de frecare reprezintă 10% din greutate (g =10N/kg).

b) Ce viteză v_2 va atinge corpul după parcurgerea distanţei d_2 =100m, dacă forţa de tracţiune se dublează? Presupunând că la atingerea vitezei v_2 tracţiunea încetează (motorul este decuplat), pe ce distanţă se va opri automobilul?

101. Asupra unui corp cu masa m =2kg, aflat pe o suprafaţă orizontală, acţionează forţa F =14,1N după o direcţie care formează cu orizontala unghiul de 45° (în sus). Corpul se

deplasează pe distanţa d =1m. Coeficientul de frecare dintre corp şi suprafaţa orizontală fiind $\mu = 0,1$ să se calculeze:

a) lucrul mecanic efectuat de forţa F;

b) viteza corpului şi energia lui cinetică când termină de parcurs distanţa d;

c) puterea medie a motorului.

102. O barcă, împreună cu vâslaşul din ea, are masa m =150kg. Acesta împinge cu vâsla în mal cu o forţă constantă F =100N pînă când barca se depărtează cu d_1 =1,2m de mal. Ce viteză capătă barca, dacă în continuare aceasta se deplasează liber o distanţă d_2 =8,8m până la oprire?

103. Un vehicul cu masa m =1000kg se mişcă cu viteza constantă v =15m/s când motorul are puterea P =45kW. Care este spaţiul de oprire dacă motorul se defectează, considerând forţa de frecare constantă? Cu ce forţă suplimentară trebuie frânat vehiculul, pentru ca acesta să se oprească pe distanţa d =22,5m?

104. Un corp, aruncat vertical în sus, are la înălţimea h =20m energia cinetică egală cu cea potenţială gravitaţională. Care este viteza cu care a fost aruncat corpul, la ce înălţime maximă ajunge acesta şi cu ce viteză atinge Pământul?

105. Un corp cu masa m =0,4kg este lăsat să cadă liber de la înălţimea h =380m. După ce parcurge distanţa h_1 =80m corpul pătrunde într-un nor orizontal de grosime d =100m din care iese cu o viteză egală cu jumătate din cea cu care intră în nor.

a) Aflaţi forţa de rezistentă opusă corpului de nor.

b) Cu ce energie cinetică ajunge corpul la nivelul solului? (g = 10N/kg).

(Olimpiadă 1988 - Iaşi)

106. Un paraşutist cu masa m =100kg cade (practic plecând din repaus) de la înălţimea H =1000m. Când se află la înălţimea h =800m se deschide paraşuta şi viteza lui începe să scadă pînă ce atinge o valoare minimă constantă. În acest timp paraşutistul parcurge distanţa de 50m şi forţa de rezistenţă medie este F_R =2000N. Să se determine:

a) Care este forţa de rezistentă întâmpinată de paraşutist în apropierea solului?

b) Care este energia cinetică a paraşutistului la contactul cu solul? (g =10N/kg)

Se neglijează forţa de rezistenţă întâmpinată de paraşutist înainte de deschiderea paraşutei.

(Olimpiadă 1992 - Iaşi)

107. Un corp cade liber pe verticală iar altul pe un plan înclinat, de la aceeaşi înălţime ca primul. Neglijând frecările, care corp va avea jos (la nivelul bazei planului înclinat) viteza mai mare?

108. Un resort este comprimat cu Δl =5cm, forţa deformatoare atingând pentru această deformare valoarea F =400N. Cît timp poate funcţiona, prin destinderea resortului, o jucărie cu puterea P =0,25W?

109. O minge cade liber de la înălţimea h =10m. După fiecare ciocnire cu solul, energia cinetică este cu 20% mai mică decât energia cinetică pe care o are mingea înaintea ciocnirii. La ce înălţime se ridică mingea după a treia ciocnire cu solul?

(Olimpiadă 1985 - Iaşi)

110. O bilă este atârnată vertical de un fir inextensibil cu lungimea l =0,5m. Se înclină firul, menţinut întins, sub un unghi de 45° faţă de verticală şi se dă drumul bilei (fără viteză iniţială). Care este viteza pe care o are bila când firul trece prin poziţia verticală?

111. Un corp cu masa m =2kg se află în repaus pe o platformă orizontală aflată la înălţimea h =4m faţă de Pământ. Iniţial corpul se găseşte în punctul A, la distanţa AB=d= =50cm de marginea B a platformei. Asupra corpului acţionează, paralel cu platforma, o forţă $\vec{F}$ având sensul spre B şi forţa de frecare $\vec{F}_f$ care reprezintă 50% din greutatea corpului. Corpul ajunge în B cu o energie cinetică E_c =20J. Să se determine:

a) valoarea forţei F;

b) energia cinetică cu care corpul loveşte Pământul dacă, în momentul în care corpul părăseşte platforma, forţa $\vec{F}$ încetează să acţioneze;

c) de la ce înălţime ar trebui să cadă liber un alt corp, identic cu primul, pentru a avea aceeaşi energie în momentul când ating Pământul? (g =10N/kg)

(Olimpiadă 1987 - Iaşi)

112. Ce energie cinetică minimă trebuie să aibă un sac de ciment având masa de 50kg, lansat de la înălţimea h =1m, pentru a trece peste oblonul unui autocamion cu marginea superioară aflată la înălţimea H =2,5m? (Se va lua g =10N/kg)

(Olimpiadă 1993 - etapa naţională)

113. Un corp cu masa m =2kg este lăsat liber pe un plan înclinat AB de unghi $\alpha = 30°$, de la înălţimea h =5m. Corpul îşi continuă mişcarea pe un plan orizontal BC cu lungimea l_o =1m, apoi urcă pe unul înclinat CD de unghi $\beta = 60°$.

a) Considerând frecările nule pe cele trei planuri calculaţi energia cinetică a corpului în punctele B şi C şi distanţa l pe care o va parcurge pe planul CD pînă în momentul opririi (înainte de a începe coborârea);

b) Considerând că pe planul orizontal forţa de frecare reprezintă 25% din greutatea corpului, calculaţi lucrul mecanic al forţei de frecare.

Se va lua g =10N/kg.

(Olimpiade 1984 şi 1985 - etapa naţională)

114. Planul înclinat din figură are randamentul mecanic η =0.8, înălţimea h =5m şi lungimea l =10m. Se lasă liber din vârful planului un corp care parcurge în continuare o suprafaţă orizontală, oprindu-se în punctul C la distanţa d de B. Forţele de frecare rămân constante pe tot parcursul.

a) Calculaţi distanţa d;

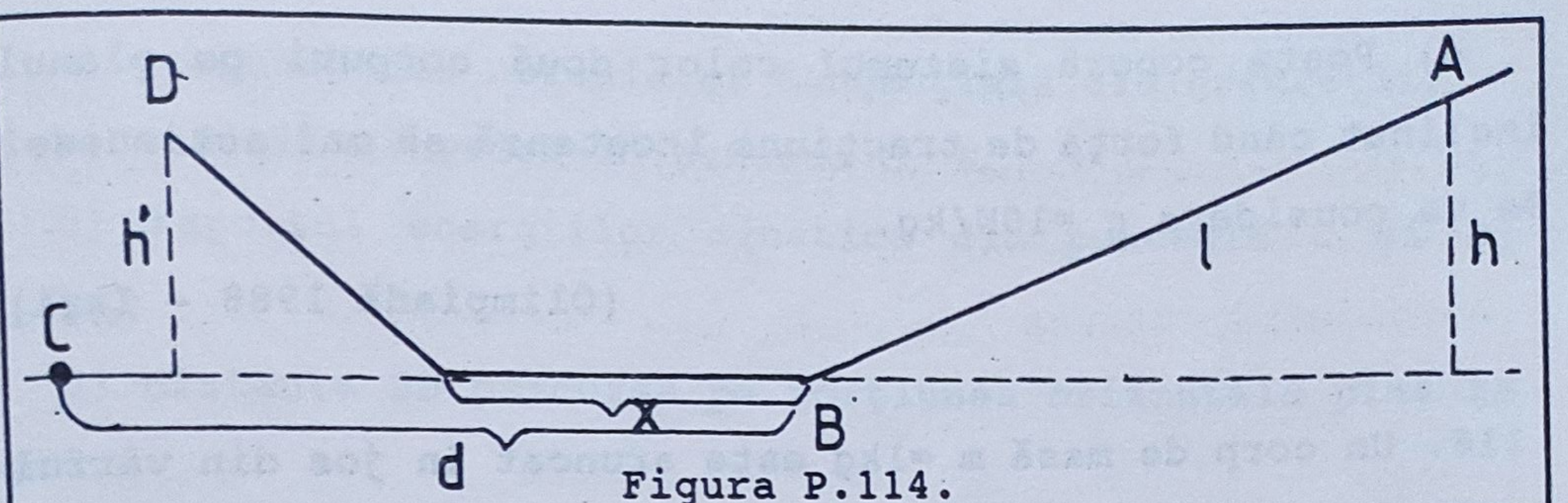


Figura P.114.

b) La ce distanţă x de punctul B trebuie aşezată o suprafaţă înclinată perfect netedă (fără frecări) astfel încât corpul să atingă pe această suprafaţă înălţimea maximă h =3m;

c) Suprafaţa netedă înclinată de la punctul b) devine orizontală. Unde se va opri corpul în acest caz?

(Olimpiadă 1987 - Iaşi)

115. Fie planul înclinat cu înălţimea h =5m şi lungimea l =10m. Două corpuri mici, identice, de mase $m_1 = m_2 = 6kg$ sunt ridicate uniform. Randamentul de ridicare pentru fiecare corp pe plan este $\eta = 75\%$. Ştiind că resortul fixat între corpuri are în stare nedeformată lungimea $l_o = 8cm$, constanta elastică $k = 2 \cdot 10^3 N/m$ şi masa neglijabilă, să se calculeze:

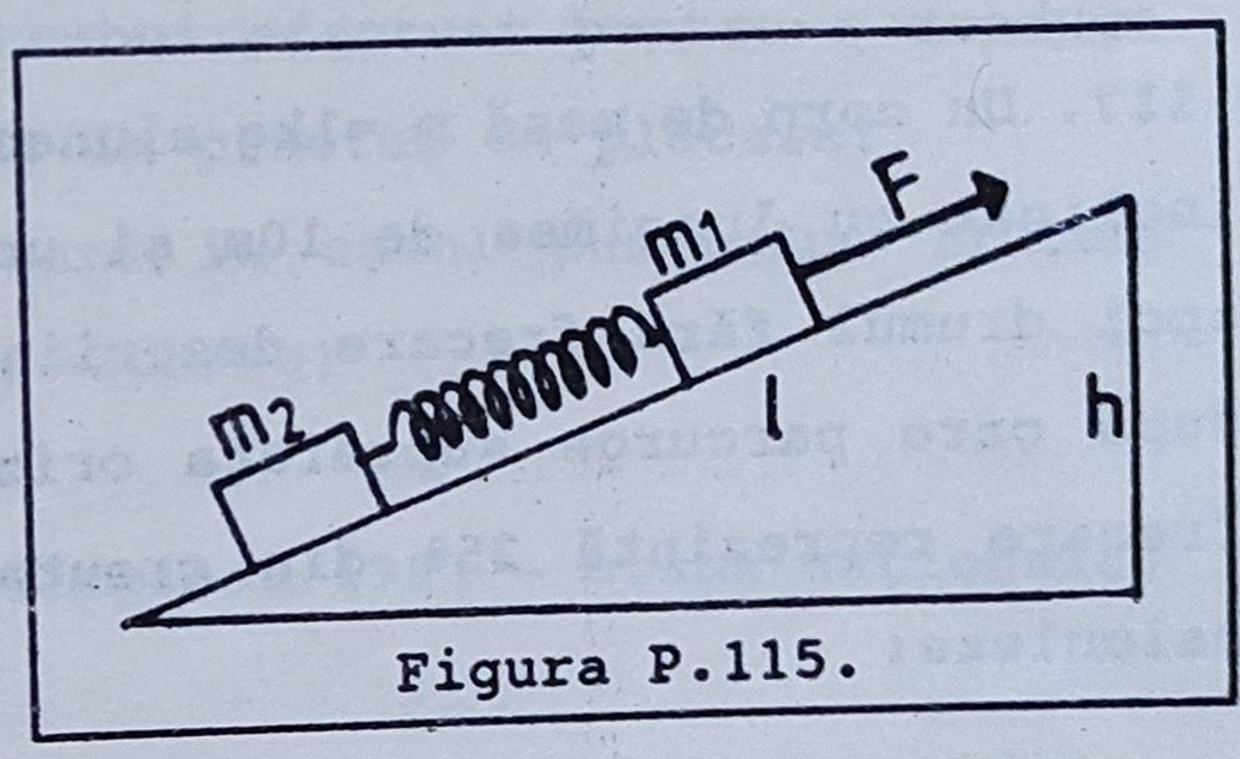


Figura P.115.

a) distanţa dintre corpuri în timpul urcării;

b) energia potenţială totală a celor două corpuri în momentul în care primul ajunge în vârful planului;

c) Poate coborâ sistemul celor două corpuri pe planul înclinat când forţa de tracţiune încetează să mai acţioneze? Se va considera g =10N/kg.

(Olimpiadă 1988 - Iaşi)

116. Un corp de masă m =1kg este aruncat în jos din vârful unui plan înclinat cu l =6m şi h =3m, constatându-se că în timpul coborârii corpului viteza acestuia rămâne constantă. Să se calculeze:

a) lucrul mecanic al greutăţii;

b) lucrul mecanic al forţei de frecare;

c) lucrul mecanic al forţei de tracţiune care urcă uniform corpul de la bază pînă în vârful planului înclinat;

d) variaţia energiei potenţiale a corpului între baza şi vârful planului înclinat.

117. Un corp de masă m =1kg alunecă fără frecare pe un plan înclinat cu lungimea de 10m şi unghi α =30°, îşi continuă apoi drumul fără frecare descriind o buclă cu raza r =1m după care parcurge suprafaţa orizontală BD unde forţa de frecare reprezintă 25% din greutate (vezi figura). Să se calculeze:

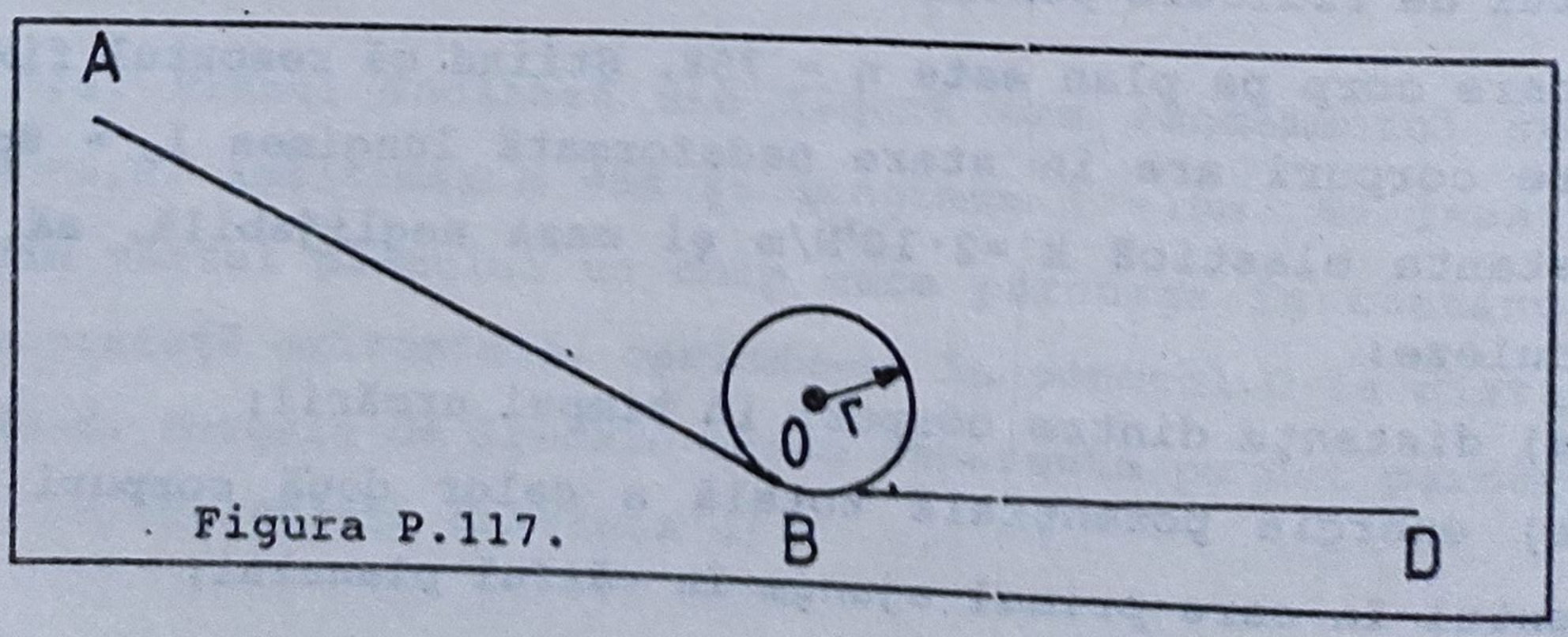


Figura P.117.

a) componentele normală şi tangenţială ale greutăţii;

b) energia cinetică în punctul C, E_{cc};

c) raportul energiilor cinetice din punctele C şi B, E_{cc}/E_{cB};

d) distanţa BD parcursă pe porţiunea orizontală pînă la oprire.

(Olimpiadă 1986 - etapa naţională)

118. Din vârful A al unui plan înclinat este lăsat liber să alunece cu frecare, de la înălţimea h =10m, un corp de masă m =70kg. Corpul îşi continuă drumul cu frecare pe o porţiune orizontală oprindu-se în punctul B.

a) Ce lucru mecanic efectuează forţa de frecare până la oprire?

b) Ce lucru mecanic va trebui efectuat pentru a readuce corpul, cu viteză constantă, în punctul de plecare?

c) Ce putere este necesară în cazul punctului b) dacă operaţia durează t =50s? (g =10N/kg)

(Olimpiadă 1993 - etapa naţională)

119. Un vagonet cu minereu având masa m =2t este ridicat uniform cu un ascensor vertical, la suprafaţă, în 50s. Motorul ascensorului are o putere de 2kw iar randamentul instalaţiei este de 80%. La suprafaţă, vagonetul este lăsat liber pe şine, pe un drum cu înclinare de 30% care se continuă pe orizontală. Forţa de frecare pe porţiunea înclinată este neglijabilă, iar pe porţiunea orizontală este de 1/10 din greutatea vagonetului. Se cere:

a) înălţimea la care a fost ridicat vagonetul;

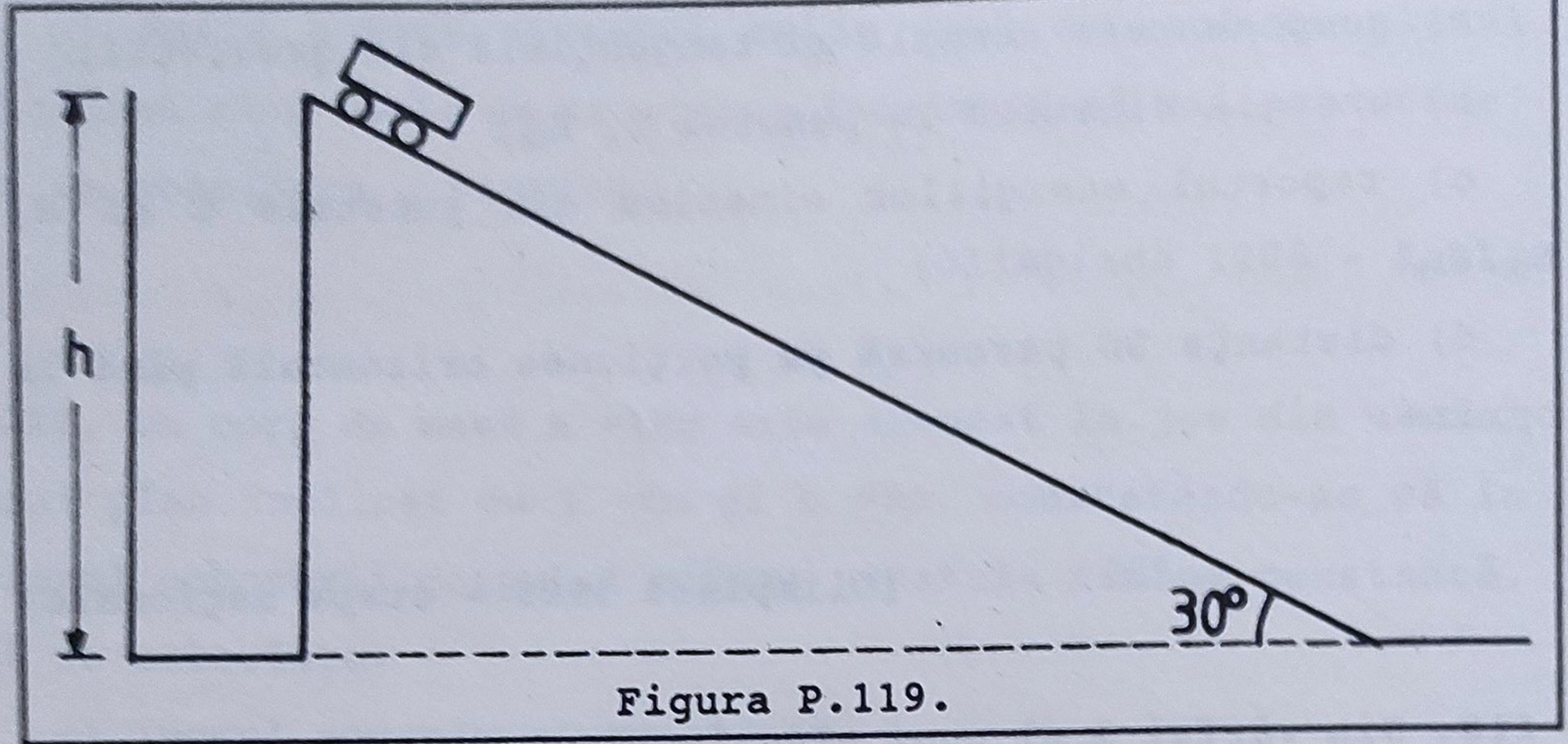


Figura P.119.

b) distanţa totală parcursă de vagonet pînă la oprire;

c) presiunea exercitată de vagonet asupra şinelor pe porţiunea înclinată, dacă suprafaţa totală între roţi şi şine este de $2cm^2$. (Se va considera g =10N/kg)

(Olimpiadă 1977 - etapa naţională)

120. Un corp de masă m =10 kg este fixat la căpătul unei tije rigide, de masă neglijabilă, având lungimea l =2m, articulată în punctul O. Iniţial tija este în repaus în poziţie verticală cu corpul de masă m în punctul A. Lăsăm sistemul să se mişte liber.

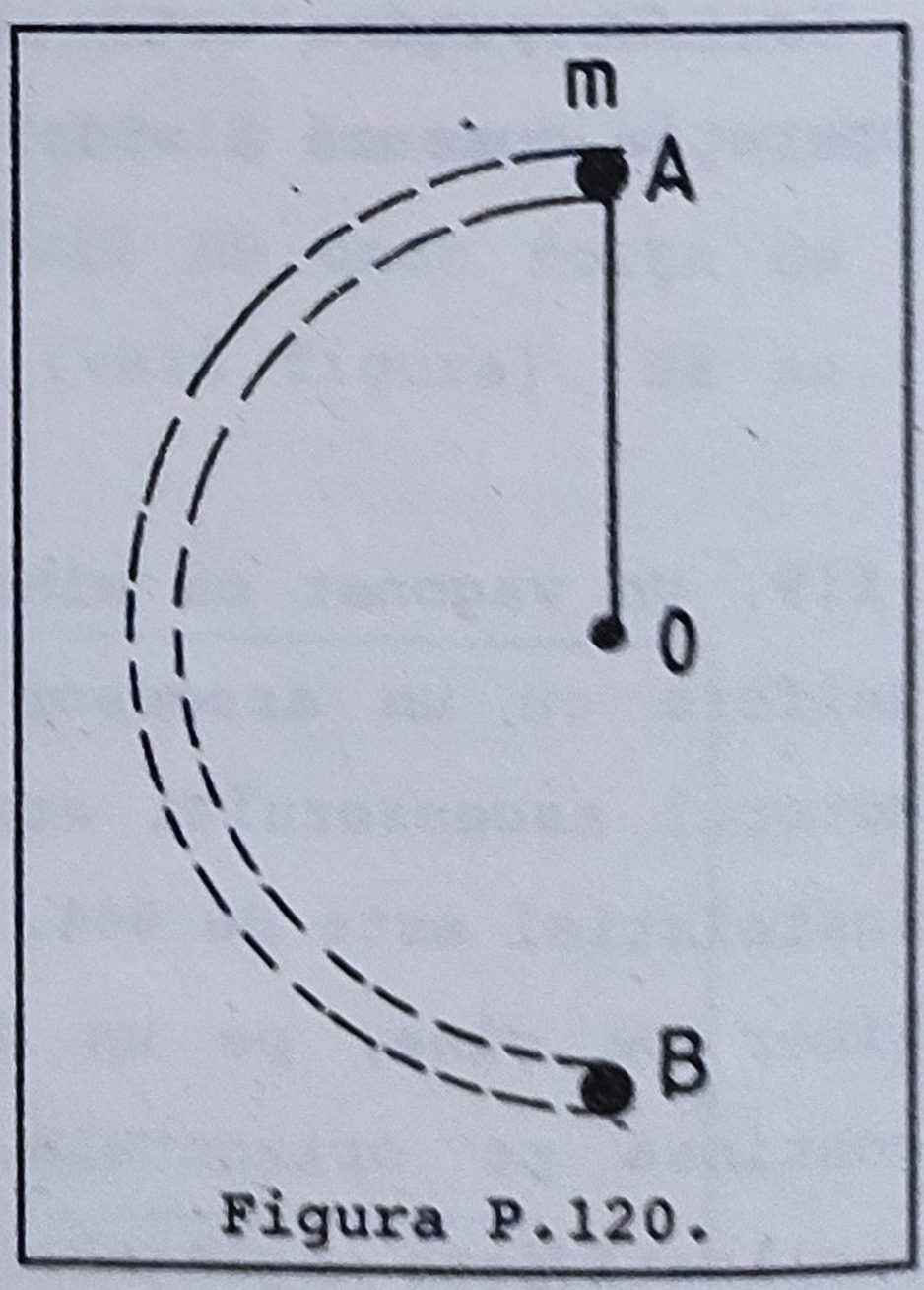


Figura P.120.

a) Calculaţi energia cinetică a corpului când tija trece prin poziţia orizontală şi energia cinetică în punctul B.

b) Ştiind că în punctul B corpul loveşte un cui aflat în peretele vertical căruia îi transmite 75% din energia sa

cinetică, iar forţa de rezistenţă medie la înaintarea cuiului este F_R =100kN, să se calculeze adâncimea la care intră cuiul în perete.

c) Presupunând că tija este omogenă, de masă M =10kg, determinaţi lucrul mecanic necesar readucerii sistemului tijă-corp în starea mecanică iniţială.

Se va lua g =10N/kg.

(Olimpiadă 1988 - etapa naţională)

121. În sistemul din figură se cunosc: unghiul α =30°; masele m_1 =m_2 =2kg şi constanta elastică a resortului considerat ideal k =200N/m.

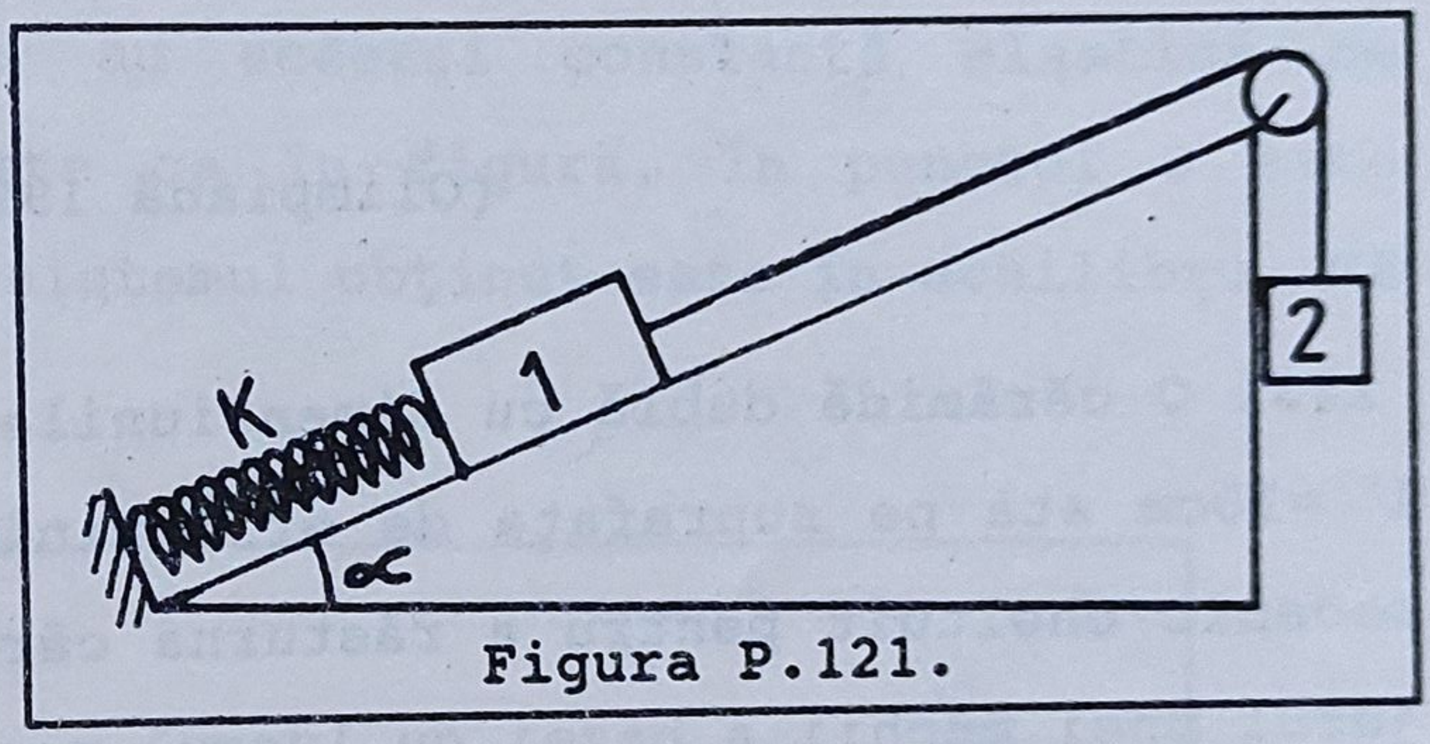


Figura P.121.

a) Determinaţi alungirea Δl a resortului când sistemul este în echilibru, dacă forţa de frecare F_f a corpului 1 cu planul reprezintă 10% din greutatea sa;

b) Se desprinde resortul. În acest moment corpul 2 se află la înălţimea h =80cm faţă de sol. Să se afle lucrul mecanic al forţei de frecare L_{Ff} şi variaţiile energiilor potenţiale ΔE_{p1} şi ΔE_{p2} ale celor două corpuri pînă când corpul 2 atinge solul.

c) Care este valoarea d a deplasării corpului 1 pe planul înclinat până la oprire, din momentul desprinderii resortului? „Planul înclinat se presupune suficient de lung astfel încât corpul 1 să nu ajungă la scripete; scripetele se presupune ideal. Se va lua g =10N/kg.

(Olimpiadă 1989 - etapa naţională)

122. Un cub de latură l şi masă m este deplasat uniform pe orizontală pe o distanţă d. Forţa de frecare la alunecare este a zecea parte din greutatea sa. Să se calculeze:

a) lucrul mecanic efectuat pentru a-l deplasa prin alunecare pe distanţa d.

b) lucrul mecanic efectuat pentru a-l deplasa prin rostogolire pe distanţa d.

c) valoarea forţei de frecare astfel încât lucrurile mecanice în cele două cazuri să fie egale.

Aplicaţie numerică: l =0,1m; d =10m; m =5kg; g =10N/kg.

(Olimpiadă 1990 - etapa naţională)

123. O cărămidă dublă cu dimensiunile L =20cm, l =10cm şi l' =10cm stă pe suprafaţa de arie minimă. Comparaţi lucrul mecanic cheltuit pentru a răsturna cărămida prin rotire în jurul unei muchii a bazei cu lucrul mecanic consumat pentru a readuce cărămida în poziţia iniţială. Se dau: ρ =5g/cm^3 şi g =10N/kg.

Echilibrul corpurilor

124. Pe o masă orizontală sunt practicate trei orificii bine lustruite A, B, C care formează vârfurile unui triunghi echilateral (figura P.124.). Prin cele trei orificii se trec trei fire, ale căror capete superioare se înoadă în punctul O. Celelalte capete au fixate

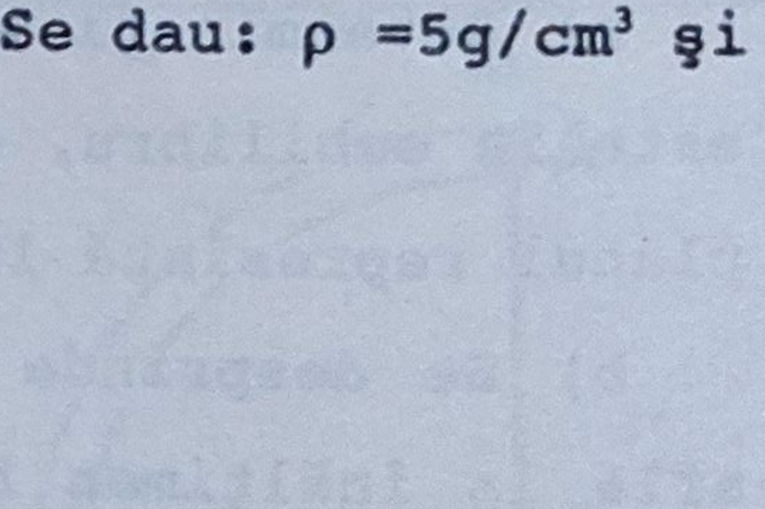


Figura P.124.

greutăţi, astfel încât unghiul BOC =90°. Consideând greutăţile atârnate de firele din B şi C egale, comparaţi volumul acestora cu volumul greutăţii atârnate de firul care trece prin punctul A. Corpurile suspendate în B şi C sunt din aluminiu (ρ_{Al} =2,7g/cm^3) iar cel din A din fier (ρ_{Fe} =7,8kg/dm^3).

125. Cu ce forţă orizontală poate fi menţinut în repaus un corp de masă m =2kg pe un plan înclinat de unghi α =30°, dacă frecările se neglijează?

126. Două resorturi au aceeaşi constantă elastică de 1000N/m şi sunt legate ca în figură. În punctul O este suspendat un corp şi sistemul obţinut este în echilibru. Să se determine:

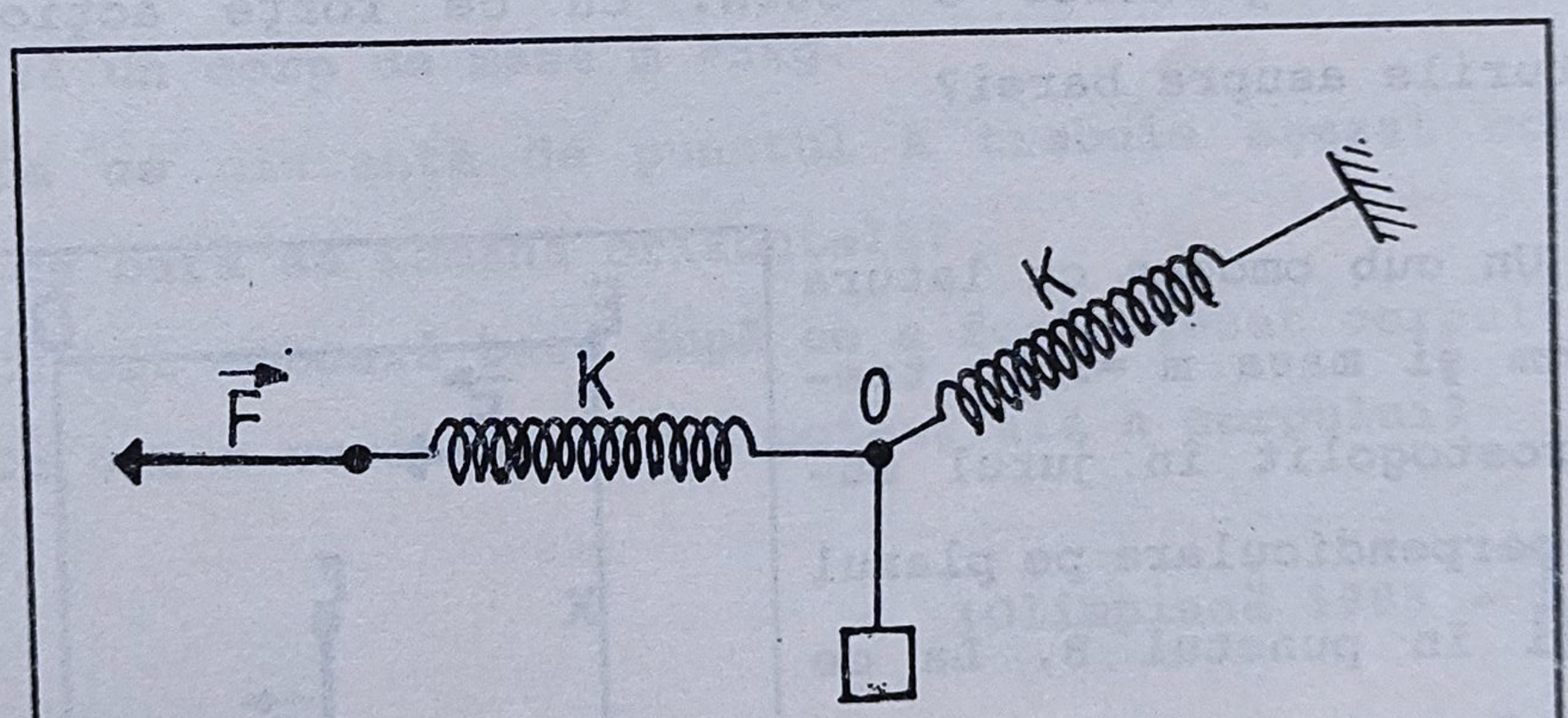


Figura P.126.

a) masa corpului suspendat dacă forţa F acţionează pe direcţie orizontală iar diferenţa pătratelor elongaţiilor resorturilor este de 0,0009m^2;

b) valorile forţelor elastice dacă raportul lor este 0,8;

c) elongaţiile resorturilor (g =10N/kg).

(Olimpiadă 1989 - etapa judeţeană)

127. O bară cu greutatea neglijabilă se sprijină pe două suporturi, ca în figură. Se dau AB = BC=0,4 m. La capătul C se suspendă un corp cu masa m =8kg. Să se calculeze valoarea forţelor cu care acţionează bara asupra suporţilor A şi B.

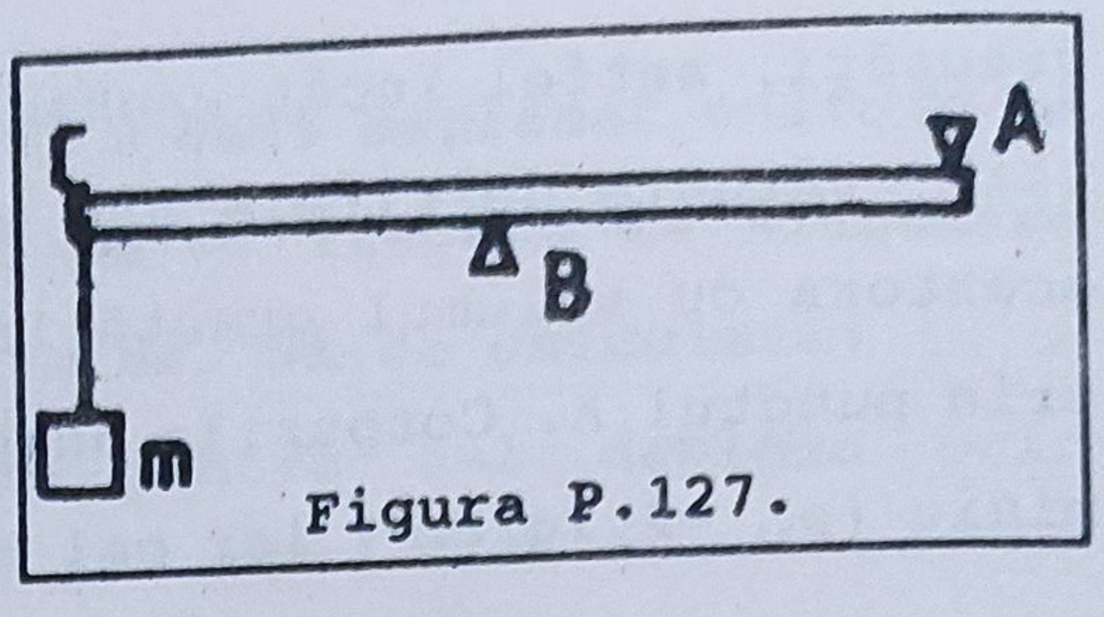


Figura P.127.

128. O grindă cu lungimea l= 1m şi greutatea G_o =200N se sprijină la capete pe două suporturi. În punctul M, situat la distanţa d =20cm de capătul din stânga al grinzii se atârnă o greutate G =500N. Cu ce forţe acţionează suporturile asupra barei?

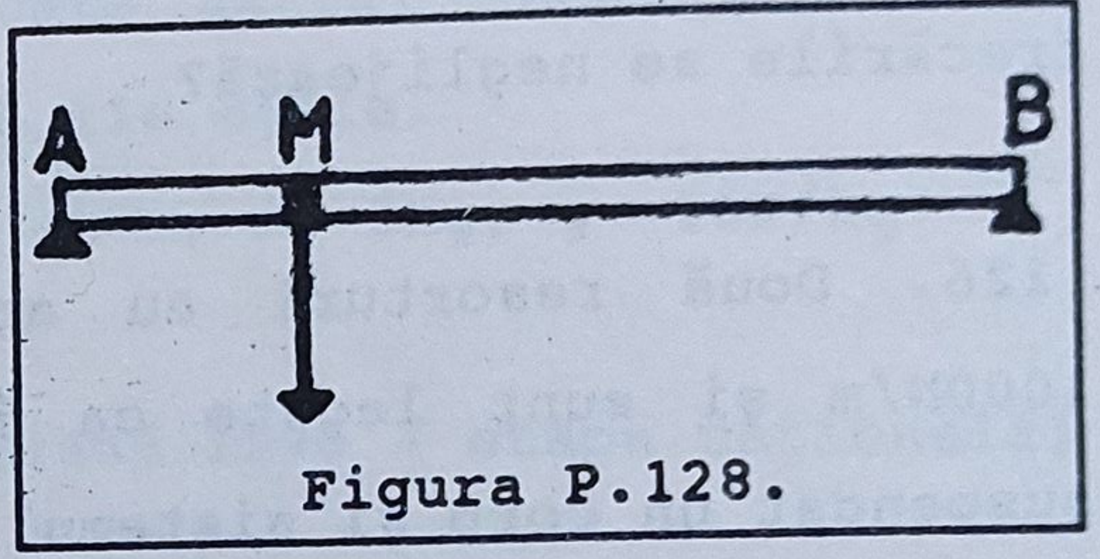


Figura P.128.

129. Un cub omogen cu latura l =20cm şi masa m =30kg trebuie rostogolit în jurul muchiei perpendiculare pe planul figurii în punctul B. La ce distanţă x de punctul A trebuie să aplicăm forţa orizontală F pentru ca această forţă să fie minimă (g =10N/kg). (Precizaţi ce valoare are această forţă minimă.)

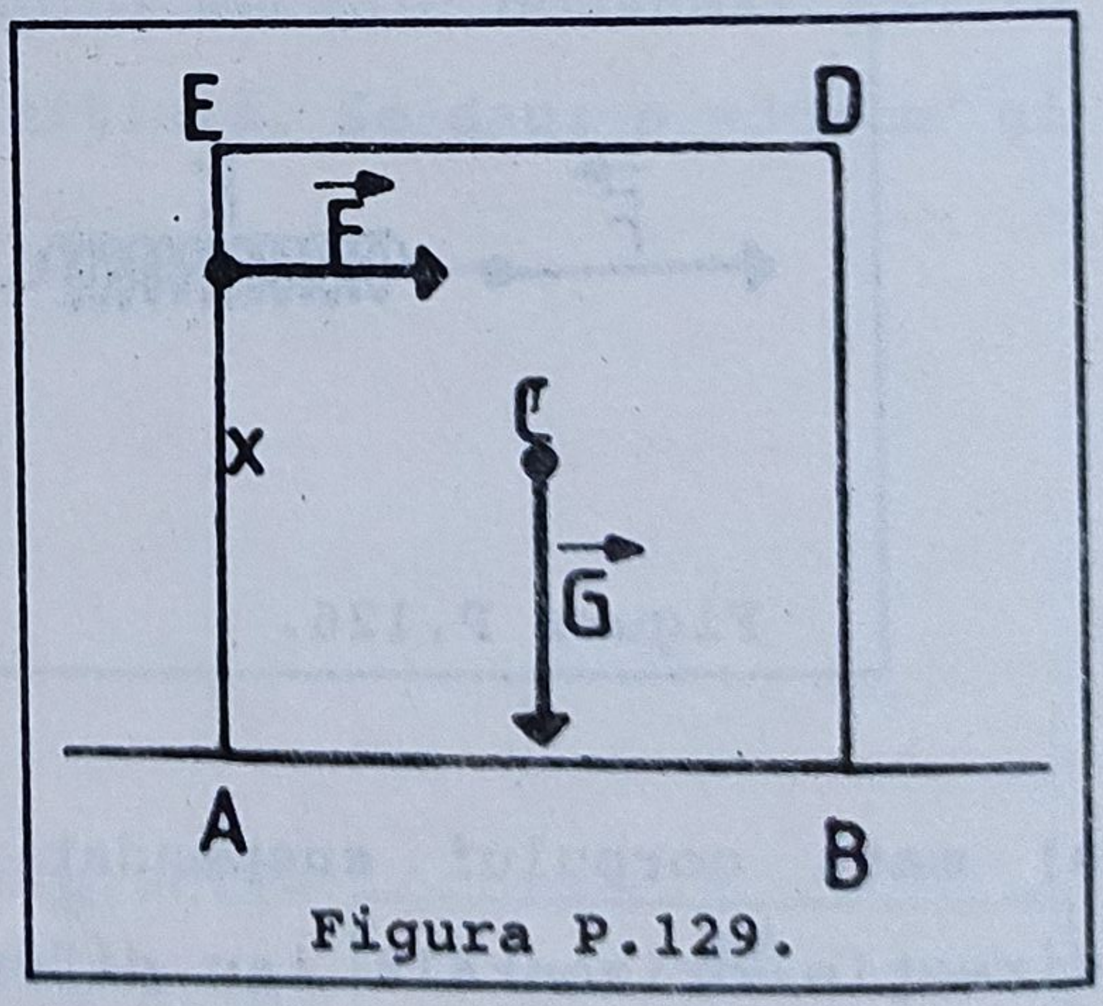


Figura P.129.

130. Un elev menţine o scândură în echilibru acţionând, la unul din capete, fie perpendicular pe scândură, fie vertical. Unghiul pe care scândura îl face cu orizontala este

α =30°. Să se compare forţele cu care acţionează elevul în cele două cazuri cu greutatea scândurii şi între ele.

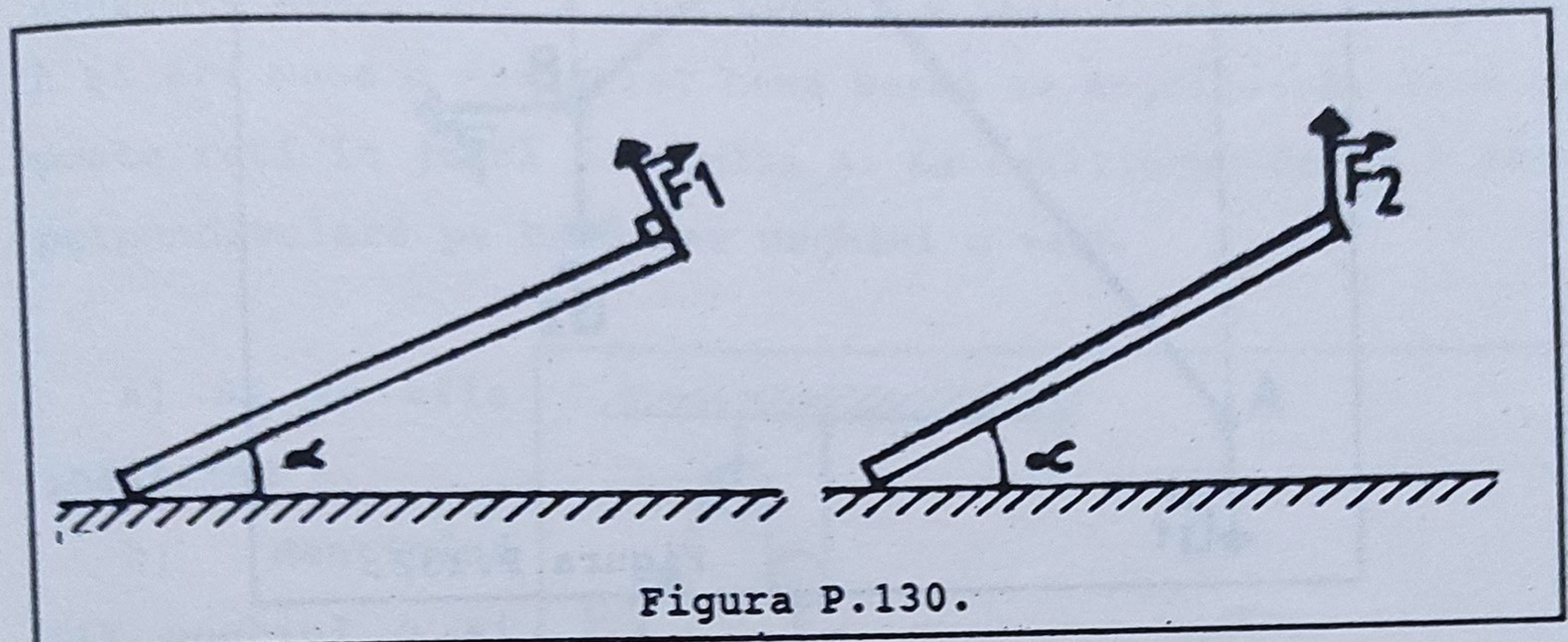


Figura P.130.

131. O bară AB orizontală, de lungime l =1m şi de masă neglijabilă, se sprijină în punctele A şi B pe două resorturi de constante elastice k_1 =200N/m şi k_2 =300N/m. Pe bară se aşează un corp de masă m =5kg.

a) La ce distanţă de punctul A trebuie aşezat corpul pentru ca bara să rămână orizontală?

b) Cu cît coboară bara după ce a fost aşezat corpul?

c) Cu cît a variat energia potenţială a corpului?

(Olimpiadă 1986 - Iaşi)

132. Pârghia cotită AOB este în echilibru în poziţia indicată în figură. Ştiind că: AO =2m; α =60°; OB =0,5m; OD =0,4m; G_1 =3,1N şi G_2=10N să se determine valoarea forţei orizontale $\vec{F}$ precum şi forţa de reacţiune din punctul de sprijin O.

(Olimpiadă 1980 - etapa judeţeană)

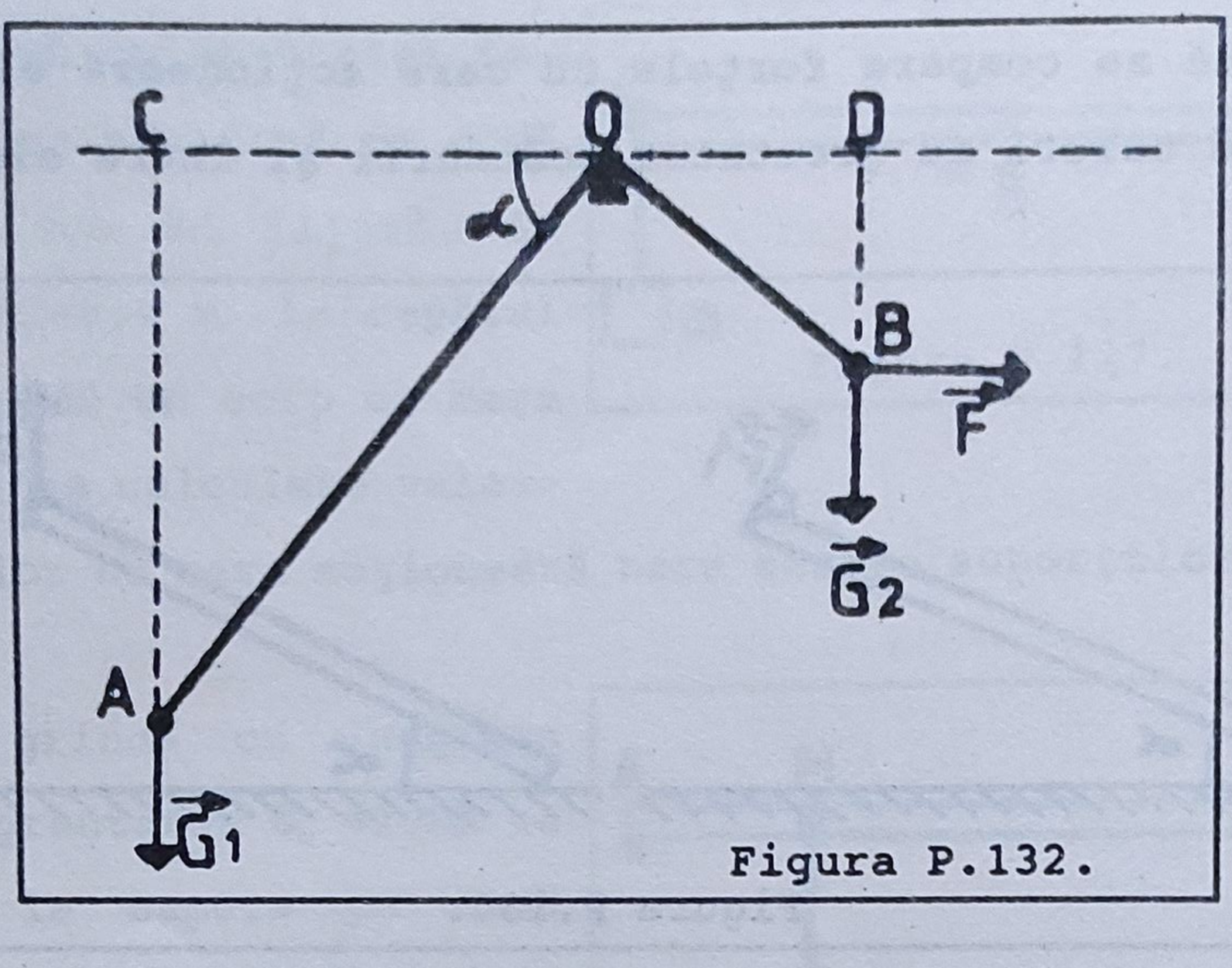


Figura P.132.

133. Bara AB este articulată în punctul A şi este menţinută în echilibru sub unghiul α faţă de verticală (vezi figura). La capătul B acţionează un fir trecut peste un scripete fix S. De celălalt capăt al firului se trage cu un dinamometru până se realizează echilibrul în poziţia dorită. În primul caz firul BS (S este scripetele considerat mic) este orizontal, iar în cazul al doilea perpendicular pe bară. Care este raportul forţelor F_1 şi F_2?

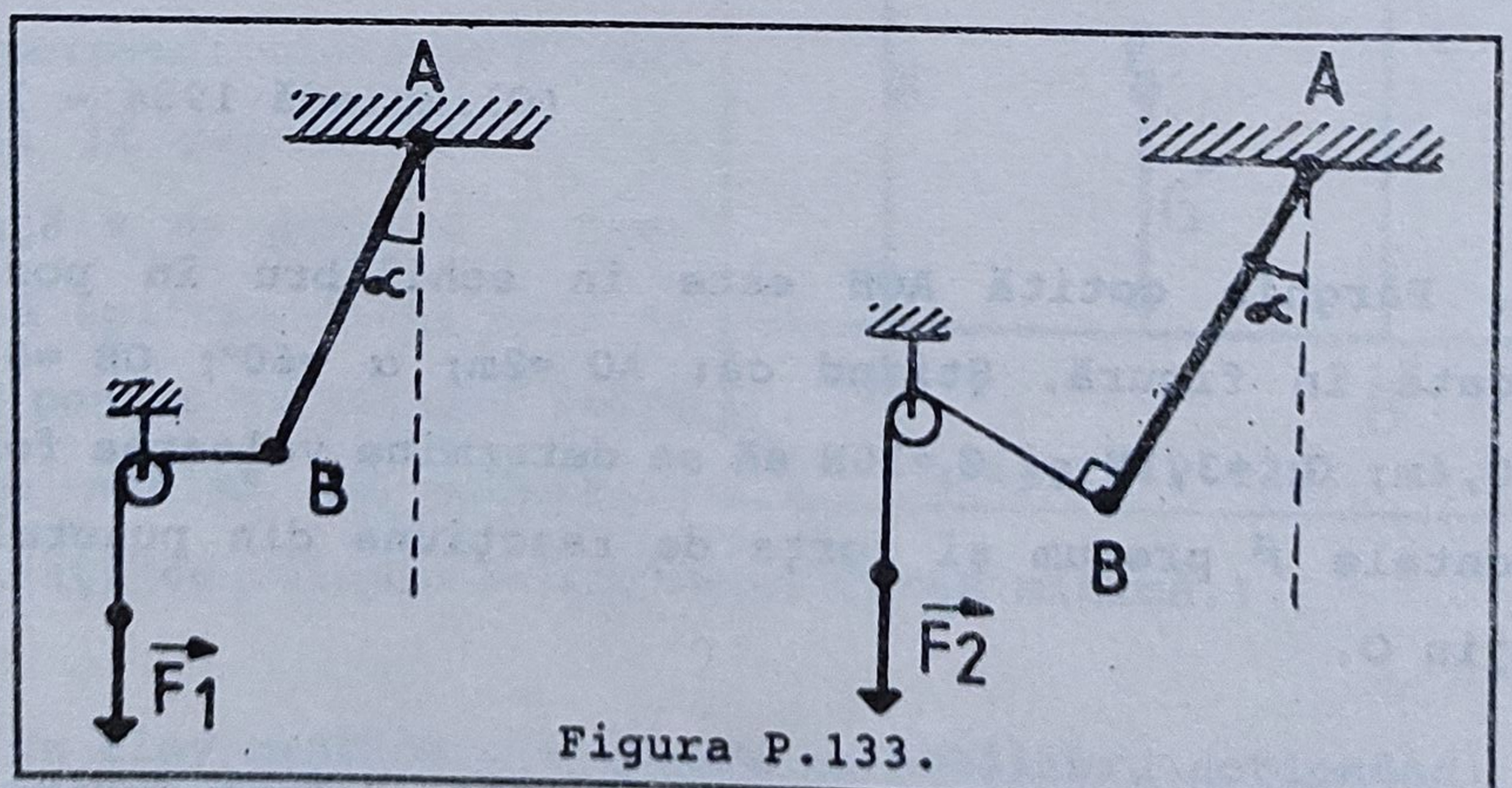


Figura P.133.

134. Pentru sistemul din figură se cunosc: randamentul sistemului de scripeţi η_1 =100%, valoarea forţei F_1 =50N, lungimea barei OA: l =2m. Corpul B este fixat la înălţimea h şi are masa m =10kg iar masa barei se neglijează. Bara se poate roti în jurul punctului A. La echilibru, forţa F este perpendiculară pe bară iar unghiul α =45°.

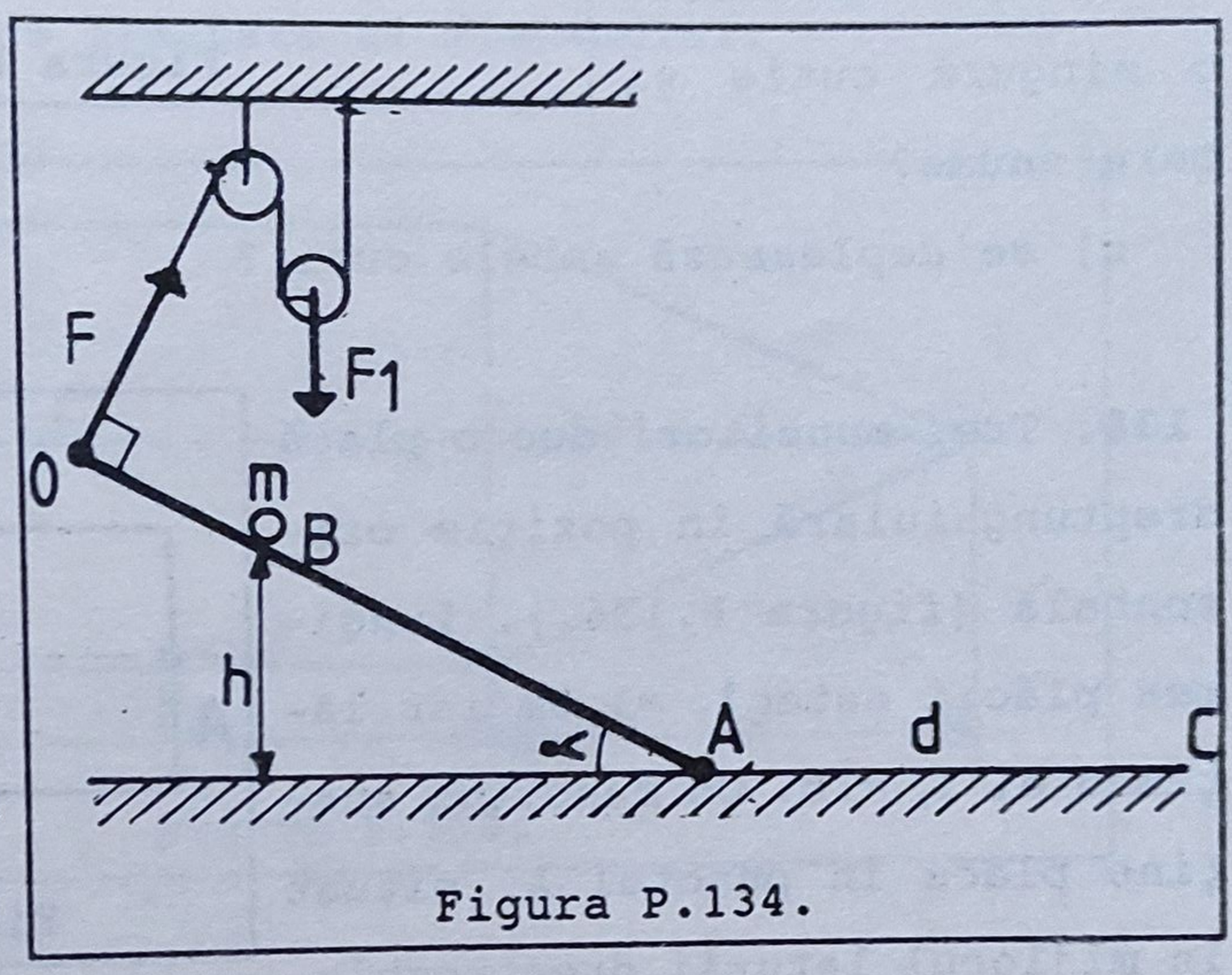


Figura P.134.

a) Să se afle înălţimea h.

b) Menţinând fix unghiul α şi deblocând corpul B, obţinem un plan înclinat cu randamentul η = 75%. Corpul B coboară planul înclinat şi îşi continuă mişcarea pe planul orizontal, oprindu-se în C, după parcurgerea distanţei d. Să se afle distanţa d, presupunând că forţa de frecare se menţine constantă pe tot parcursul mişcării (g=10N/kg).

(Olimpiadă 1991 - Iaşi)

135. Pe un plan orizontal sunt aşezate două cutii identice, de masă m, care trebuie deplasate cu ajutorul unei tije (figura P.135.). Coeficientul de frecare dintre cutii şi suprafaţa planului are valoarea μ iar frecarea dintre tijă şi cutii se neglijează. Corpul B este la distanţa l_1 de corpul A şi la distanţa l_2 de punctul de aplicaţie al forţei

F, forţă care acţionează perpendicular pe tijă. Pentru ce valori ale forţei F:

a) cutiile nu se deplasează?

b) se deplasează o singură cutie şi care anume?

c) se deplasează ambele cutii?

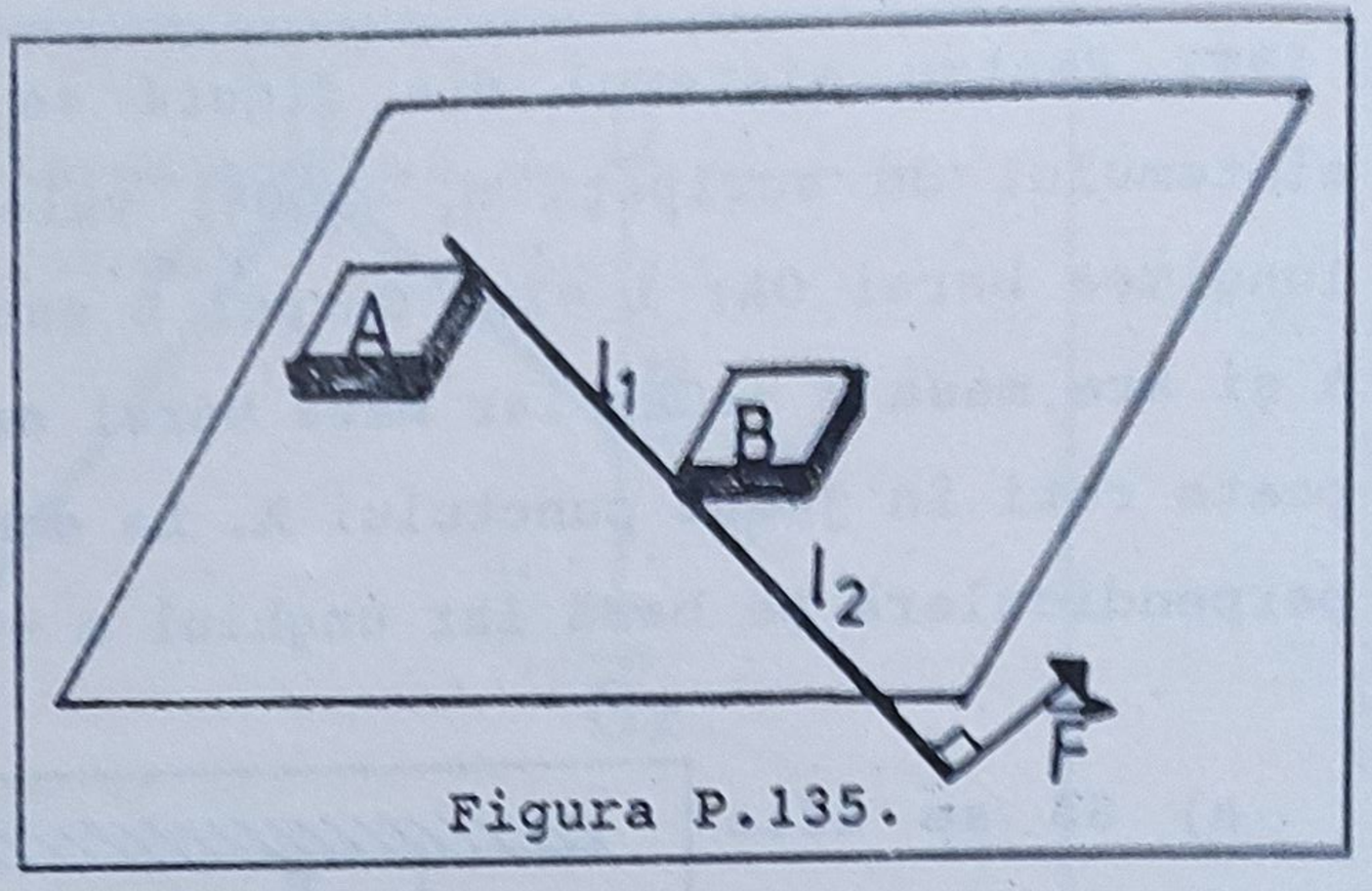


Figura P.135.

136. Trei muncitori duc o placă dreptunghiulară în poziţie orizontală (figura P.136.). Lungimea plăcii este l_1 =1,8m iar lăţimea ei l_2 =1m. Un muncitor susţine placa în punctul A, situat în mijlocul laturii dreptunghiului iar ceilalţi doi folosesc o bară de masă neglijabilă, pe care o trec pe sub placă şi acţionează la capetele acesteia. La ce distanţă AO trebuie aşezată bara, pentru ca cei trei muncitori să acţioneze cu forţe egale?

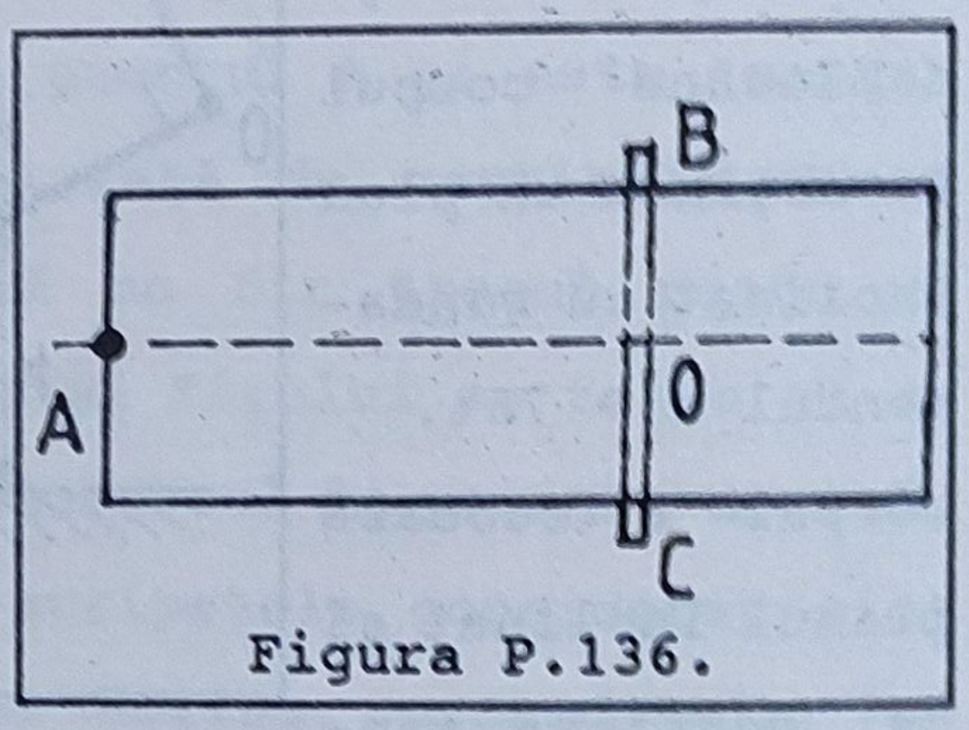


Figura P.136.

137. Trei muncitori trebuie să ducă o placă pătrată ABCD, omogenă, de latură a şi greutate 3G, menţinând-o orizontală. Unul ţine de vârful A, şi ceilalţi doi ţin de periferia plăcii plasându-se pe o perpendiculară la diagonala AC. Să se afle poziţia celor doi lucrători care ţin de periferie astfel încât toţi trei să fie egal încărcaţi.

(Olimpiadă 1989 - etapa judeţeană)

138. Două bare din materiale diferite au aceeaşi secţiune, lungimile l_1 respectiv l_2 şi densitaţile ρ_1 şi respectiv ρ_2. Calculaţi poziţia centrului de greutate al corpului format prin sudarea barelor cap la cap.

139. O placă omogenă, de grosime constantă, are forma din figură. Se cunosc lungimile l_1, l_2 şi l_3. Să se determine poziţia centrului de greutate al sistemului.

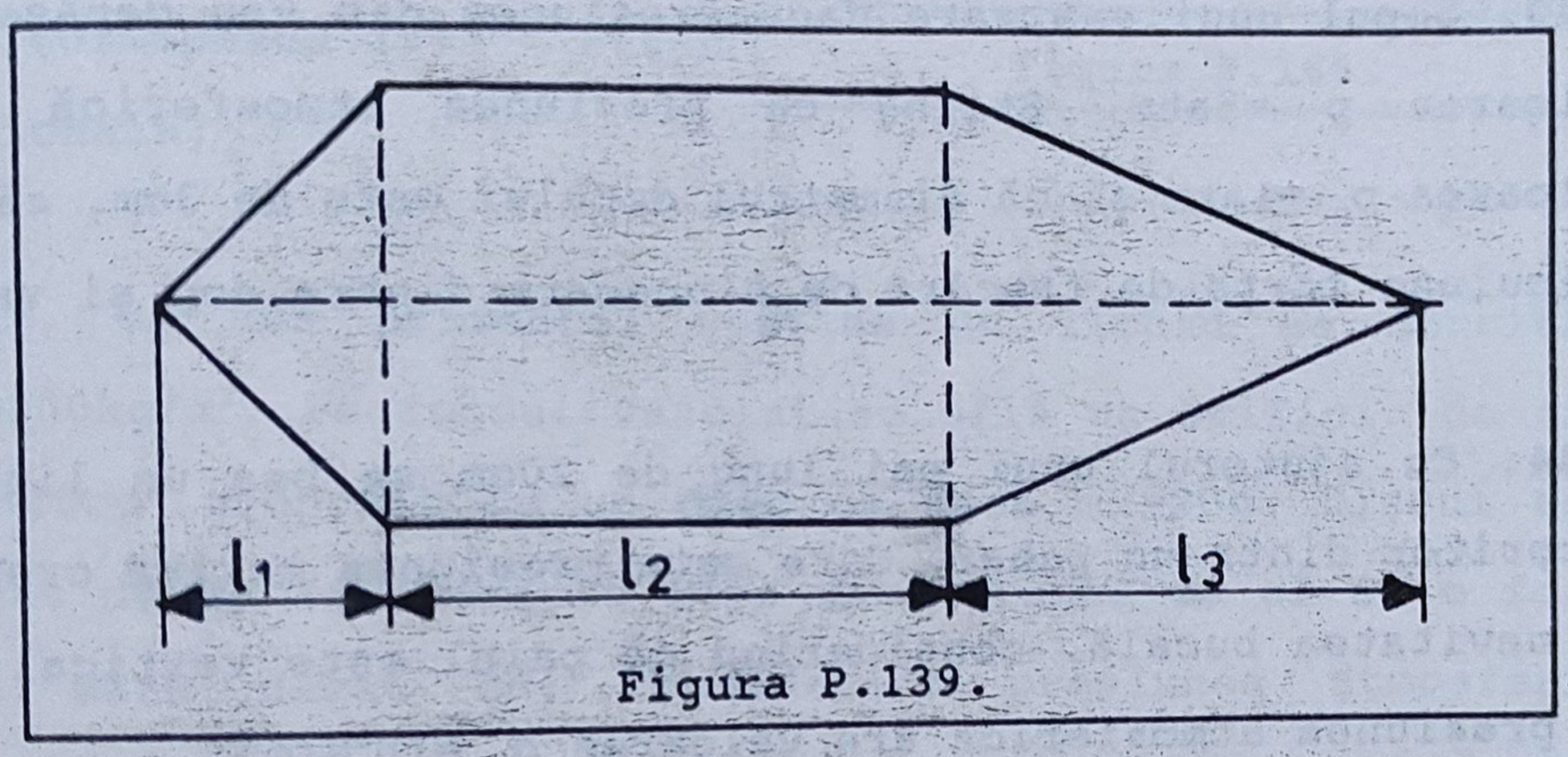


Figura P.139.

140. Într-o placă subţire şi omogenă, având forma unui pătrat cu latura l, se practică o gaură cu ajutorul unui burghiu de diametru d (d<l/2). Centrul găurii se găseşte la jumătatea unei semidiagonale. Pe ce distanţă x se deplasează centrul de greutate al plăcii în urma găuririi ei?

Hidrostatica

141. Într-un vas cilindric se toarnă 0,1l de mercur şi 0,5l de apă. Dacă suprafaţa vasului este de $40cm^2$ şi greutatea sa G_o =3N, care este presiunea pe porţiunea de masă pe care stă

vasul, în absenţa atmosferei? (ρ_{Hg} =13600kg/m³; $\rho_{apă}$ =1000kg/m³; g =10N/kg)

142. Ce presiune trebuie să producă ventilatorul unui vehicul pe pernă de aer, pentru ca acesta să se poată deplasa, dacă se cunoaşte că vehiculul are lungimea l_1 =3m, lăţimea l_2 =2m şi masa m =1t?

143. Dopul unui vas sare dacă presiunea din vas depăşeşte valoarea p =5atm. Ştiind că presiunea atmosferică are valoarea p_o =1atm şi că diametrul dopului este de 3cm, să se calculeze forţa de frecare de alunecare dintre dop şi vas.

144. Cu ajutorul unui pai lung de 20cm se bea un lichid răcoritor dintr-un pahar. Care este presiunea maximă creată în cavitatea bucală, considerind că paiul este vertical şi că presiunea atmosferică are valoarea p_o =10^5N/m²?

145. Un recipient cubic cu latura a =2m are sudată pe capac o ţeavă verticală cu lungimea l_o =5m. Se umplu recipientul şi ţeava cu apă. Să se calculeze forţa rezultantă care acţionează asupra capacului, pereţilor laterali şi respectiv fundului acestui recipient. ($\rho_{apă}$ = 1000kg/m³, g = 10N/kg)

146. O ţeavă este sudată sub un unghi de 30° faţă de orizontală pe capacul superior al unui vas închis cu înălţimea h =50cm. Ştiind că presiunea hidrostatică exercitată pe fundul vasului este de 10^4Pa:

a) calculaţi lungimea coloanei de apă ($\rho_{apă}$ =1000kg/m³)

b) reprezentaţi grafic dependenţa presiunii hidrostatice exercitate de lichid pe pereţii laterali ai vasului în funcţie de înălţimea măsurată de la capac spre baza vasului (g =10N/kg).

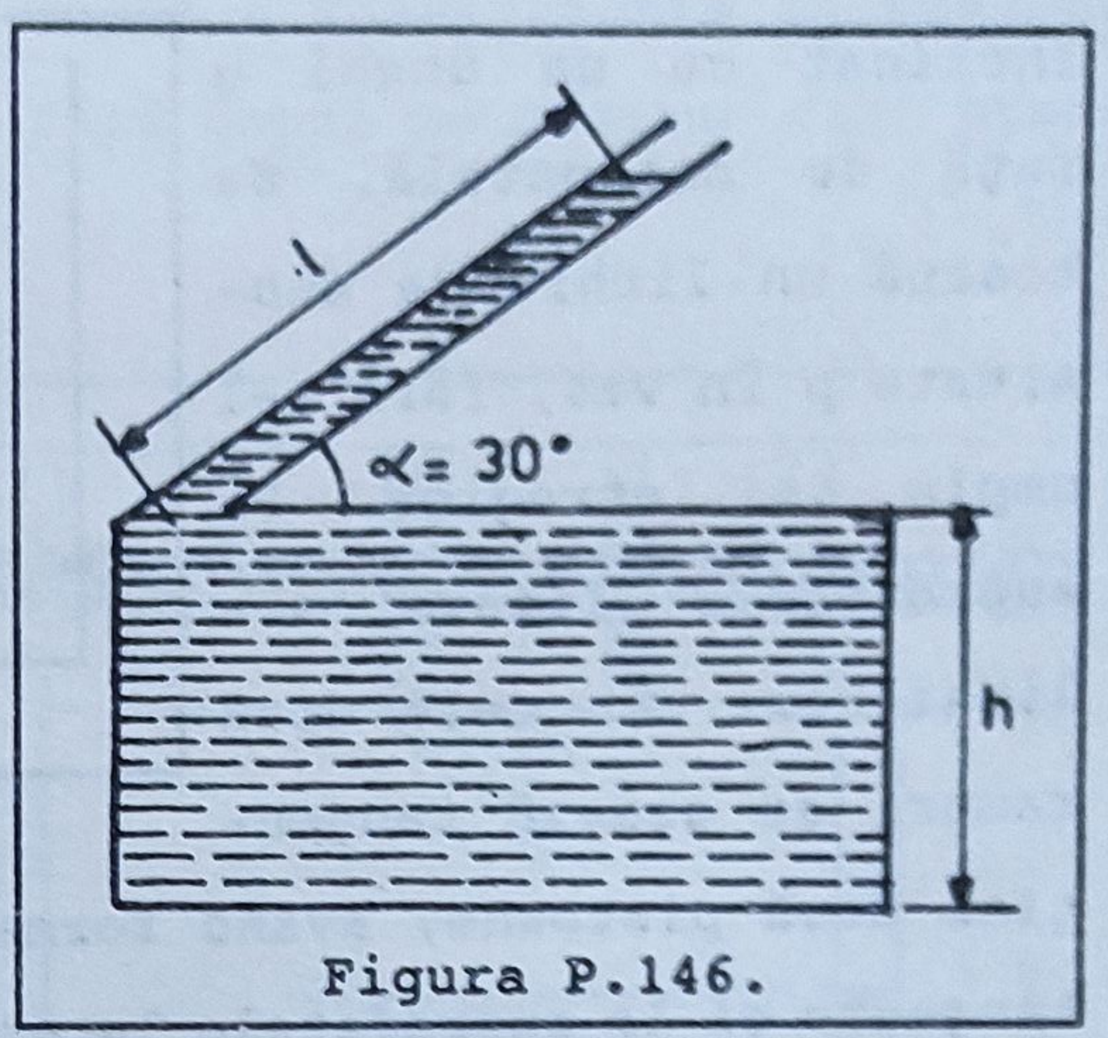


Figura P.146.

(Olimpiadă 1993 - etapa naţională)

147. Un vas orizontal conţine un lichid de densitate $\rho = 900 kg/m^3$. Pe fundul vasului se află un orificiu de arie $S_1 = 10 cm^2$ acoperit cu un disc de masă m =20g. Discul este legat de un fir care se rupe dacă tragem de el cu o forţă mai mare decât 2N. Considerând presiunea atmosferică $p_o = 10^5 N/m^2$, să se calculeze pînă la ce înălţime maximă poate fi umplut vasul astfel încât să putem deschide orificiul prin ridicarea discului cu ajutorul firului.

148. Se toarnă mercur într-un tub manometric. Deasupra mercurului în ramura din dreapta se toarnă apă iar în cea din stânga alcool. Dacă coloanele de apă şi alcool au aceeaşi lungime l =30cm, ce denivelare va avea mercurul în cele două ramuri?

($\rho_{alcool} = 800 kg/m^3$; $\rho_{apă} = 1000 kg/m^3$; $\rho_{Hg} = 13600 kg/m^3$; g =10N/kg)

149. Secţiunile transversale ale tuburilor cilindrice comunicante, aflate în repaus, au aceeaşi valoare S (vezi figura). Tubul din stânga este vertical iar cel din dreapta

înclinat cu un unghi α faţă de orizontală. Se toarnă un lichid de densitate ρ în vas, fără a-l umple în întregime. Pe suprafeţele libere ale lichidului din cele două ramuri se aşează tangenţial două pistoane, având forme diferite, aşa încât să fie tangente şi la suprafeţele laterale ale tuburilor. Pistoanele au aceeaşi masă m. Neglijând frecările, să se studieze echilibrul sistemului. Aplicaţie numerică: $S = 1dm^2$, $\alpha = 45°$, $\rho = 1000kg/m^3$ şi $m = 10kg$.

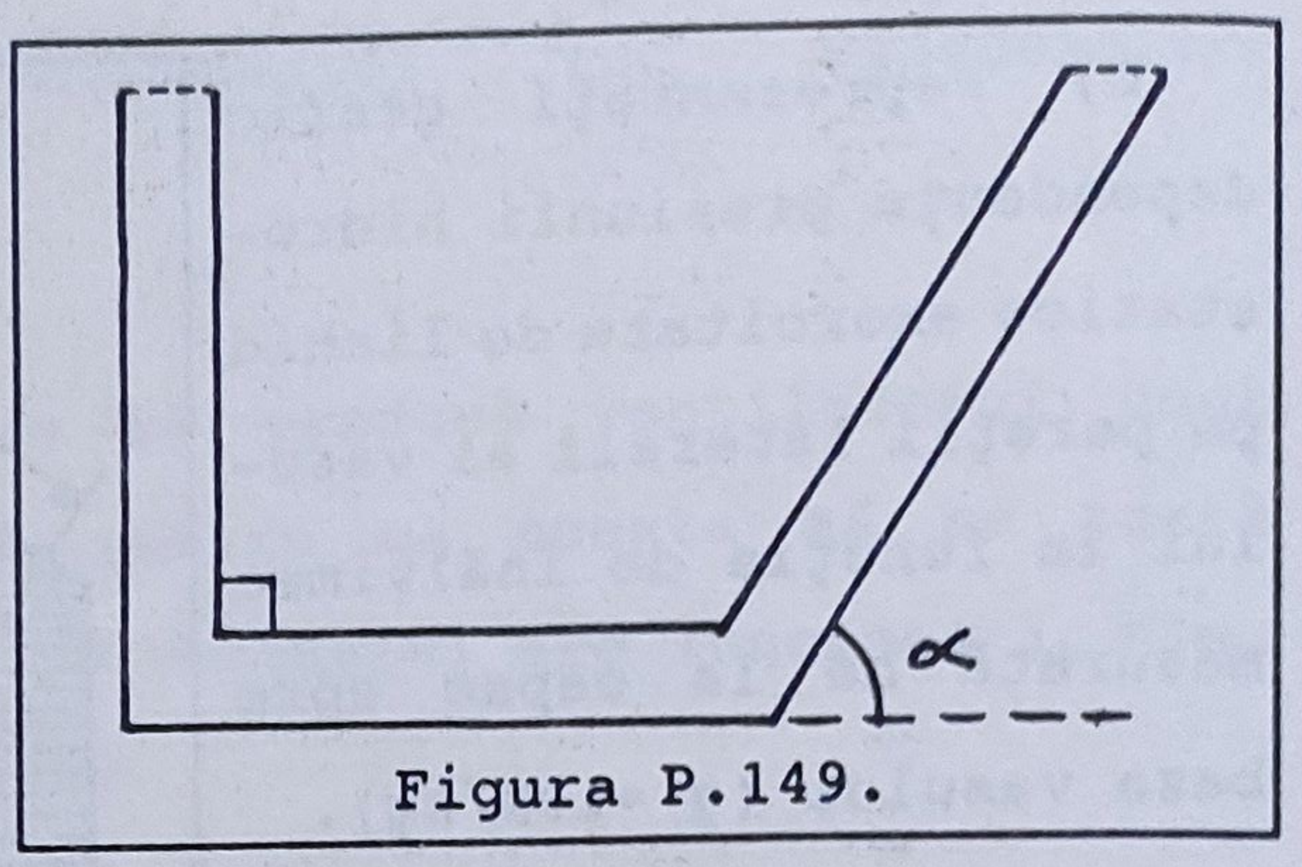


Figura P.149.

(Olimpiadă 1988 - Argeş)

150. Într-un vas umplut parţial cu apă se introduce etanş un sifon (tubul de sticlă din figură). Se aspiră apa prin capătul exterior al tubului, constatându-se că, odată ajunsă la capătul de jos al sifonului, aceasta se scurge singură un anumit timp. Când scurgerea încetează, denivelarea are valoarea $h = 50cm$. Să se

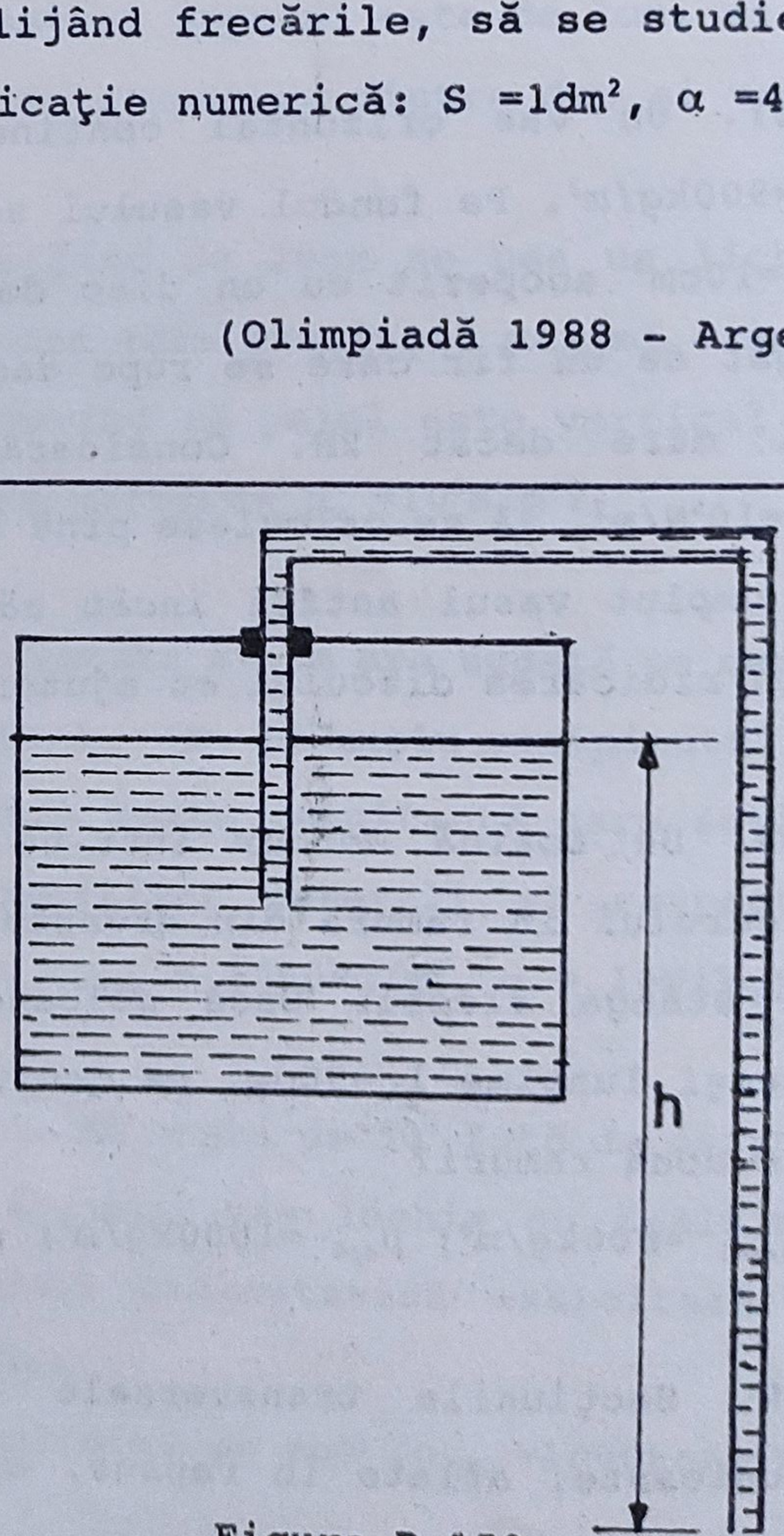


Figura P.150.

calculeze presiunea aerului care a rămas închis în vas. Ce s-ar întâmpla dacă am lucra fără dopul de cauciuc care etanşează tubul?

151. Un vas cilindric, închis la ambele capete, conţinând aer la presiune atmosferică, este racordat la un manometru cu lichid (mercur) cu densitatea ρ. În interiorul vasului se găseşte un piston mobil, etanş, cu secţiunea S, prins cu două resorturi identice de constante k necunoscute şi care se poate deplasa fără frecări. Prin încălzirea aerului din primul compartiment, pistonul se deplasează pe distanţa x. Reprezentaţi forţele care acţionează asupra pistonului şi stabiliţi relaţia de calcul a constantei de elasticitate. Se neglijează dilatarea mercurului şi a vasului (g = 10N/kg)

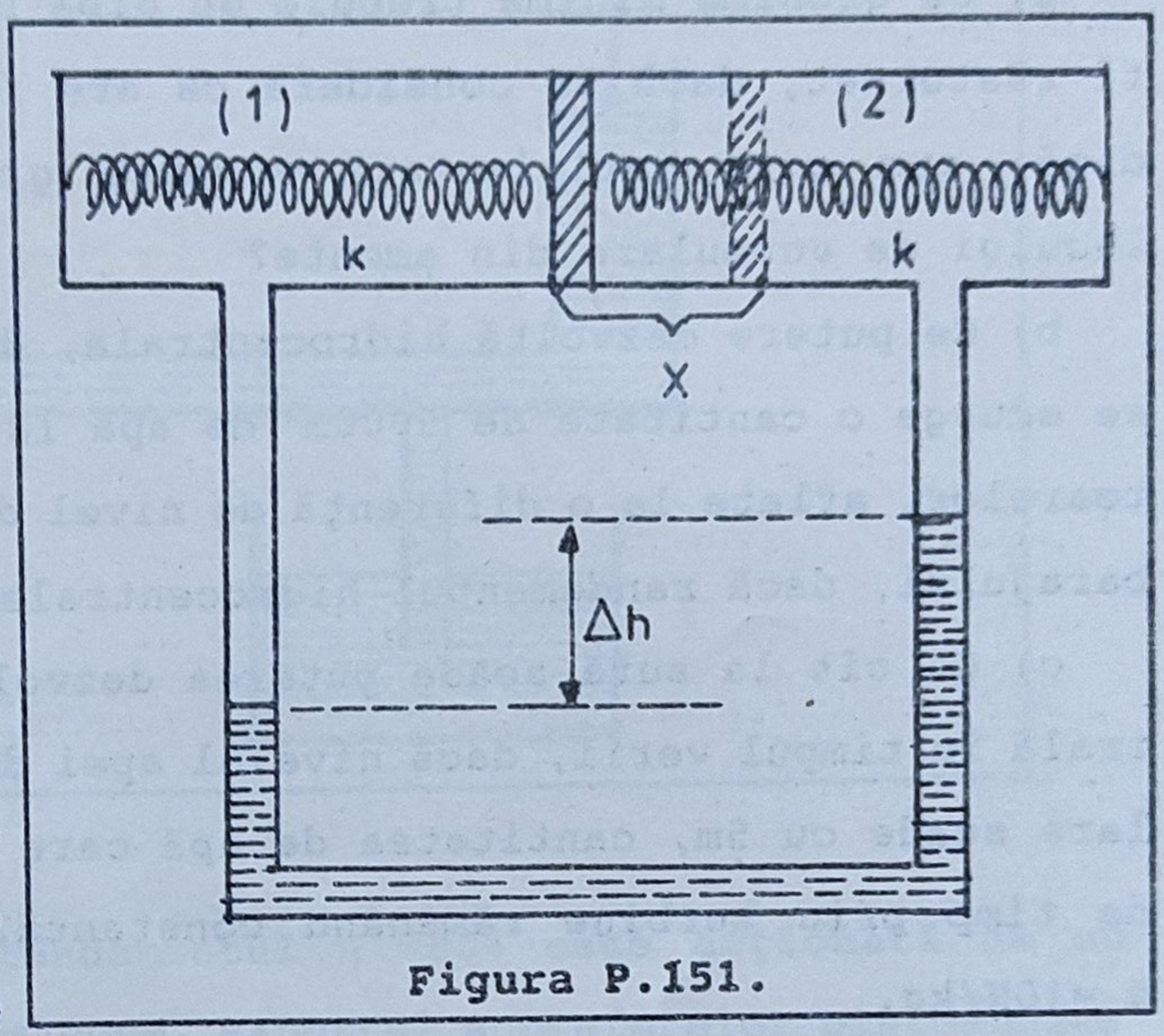


Figura P.151.

(Olimpiadă 1993 - etapa naţională)

152. Barajul unei hidrocentrale are înălţimea h =48m. Considerând că înălţimea apei în amonte este h_1 =30m iar în aval h_2 =10m, densitatea materialului din care este construit barajul ρ =2600kg/m³, densitatea apei ρ_o =1000kg/m³ iar

punctul de aplicaţie al forţei de presiune se găseşte la o treime din înălţimea apei faţă de baza barajului, să se determine:

a) Ce grosime minimă trebuie să aibă barajul pentru a nu fi răsturnat, dacă se consideră că are formă paralelipipedică; cum este influienţată această grosime de lungimea lacului de acumulare din amonte?

b) Ce putere dezvoltă hidrocentrala, dacă într-o secundă se scurge o cantitate de 5000m³ de apă la turbinele generatoarelor, aflate la o diferenţă de nivel de 30m faţă de baza barajului, dacă randamentul hidrocentralei este de 75%?

c) Cu cît la sută scade puterea dezvoltată de hidrocentrală în timpul verii, dacă nivelul apei din lacul de acumulare scade cu 5m, cantitatea de apă care trece în unitatea de timp prin turbine rămânând constantă? Se va considera g =10N/kg.

(Olimpiadă 1989 - etapa naţională)

153. Cu ajutorul presei hidraulice din figura P.153. trebuie să se ridice un corp de masă m la înălţimea h =0,8m. Razele secţiunilor pistoanelor sunt r_1 =5cm şi r_2 =20cm. Să se calculeze:

a) Forţa care acţionează asupra pistonului mic al presei, ştiind că OB =6cm şi AB =54cm iar forţa ce acţionează în A este F =20N;

b) masa corpului aşezat deasupra pistonului mare al presei;

c) lucrul mecanic efectuat de forţa F =20N dacă randamentul presei este η =80%.

(Olimpiadă 1990 - etapa judeţeană)

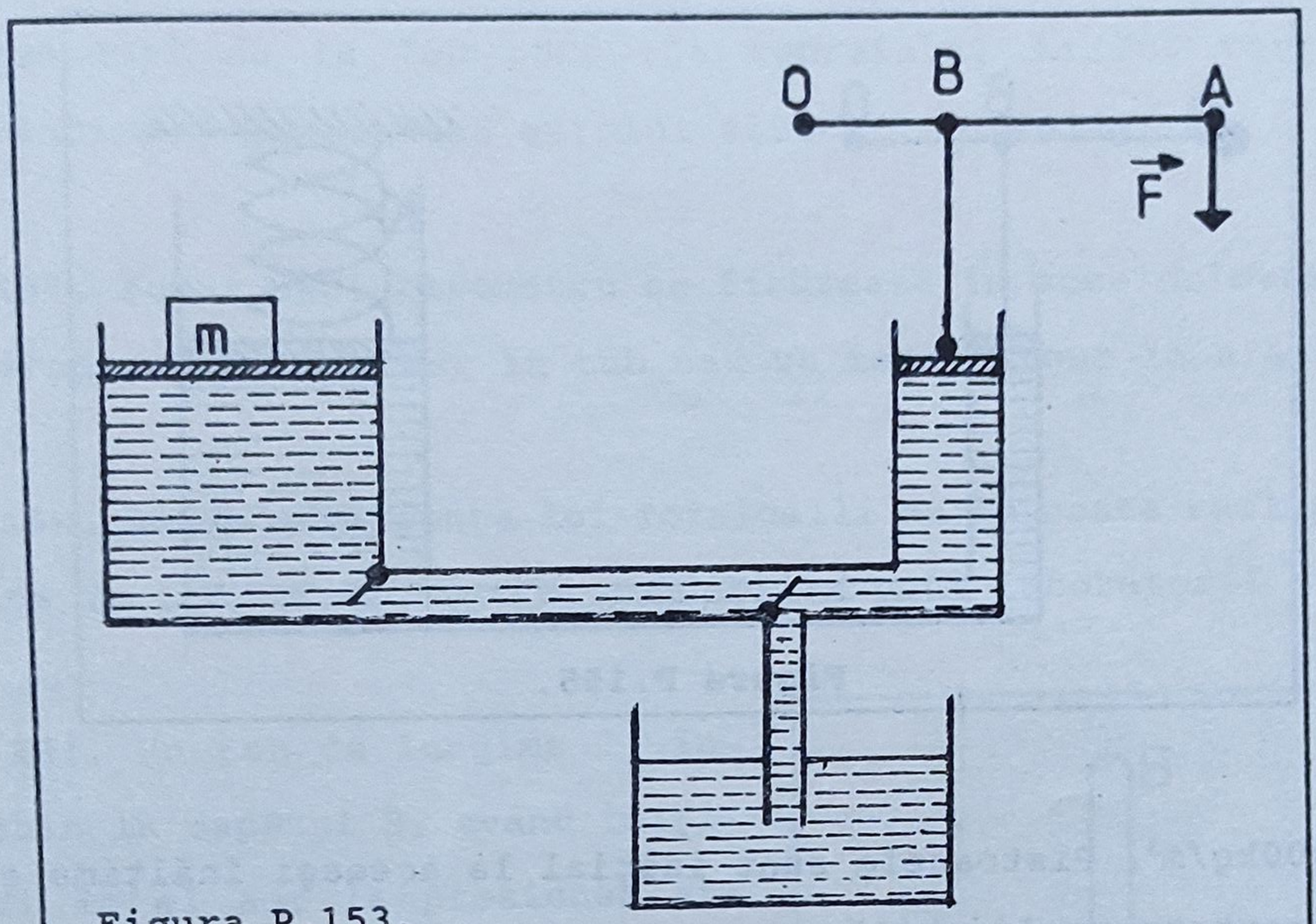


Figura P.153.

154. O presă cu randamentul η =80% este acţionată de un motor cu puterea P =2000W. Raportul suprafeţelor pistoanelor este 1:50 iar forţa cu care se comprimă corpul este F_2 =100kN. Câte apăsări pe minut va face pistonul cel mic, dacă are cursa egală cu h_1 =10cm?

155. Cu ajutorul unei prese hidraulice se comprimă un resort de constantă elastică k =200N/m pe distanţa Δl =10cm. Pistonul mic al presei are secţiunea S_1 =10cm şi este acţionat de o pârghie. Ştiind că pistonul mare are secţiunea $S_2 = 4S_1$ şi că OA =0,5m şi OB =0,2m, să se calculeze:

a) forţa de apăsare în capătul A al pârghiei;

b) înălţimea h_1 pe care coboară pistonul mic al presei;

c) presiunea totală exercitată asupra unui punct din interiorul pistonului mare în momentul când resortul este comprimat cu Δl. Presa lucrează cu un lichid cu densitatea

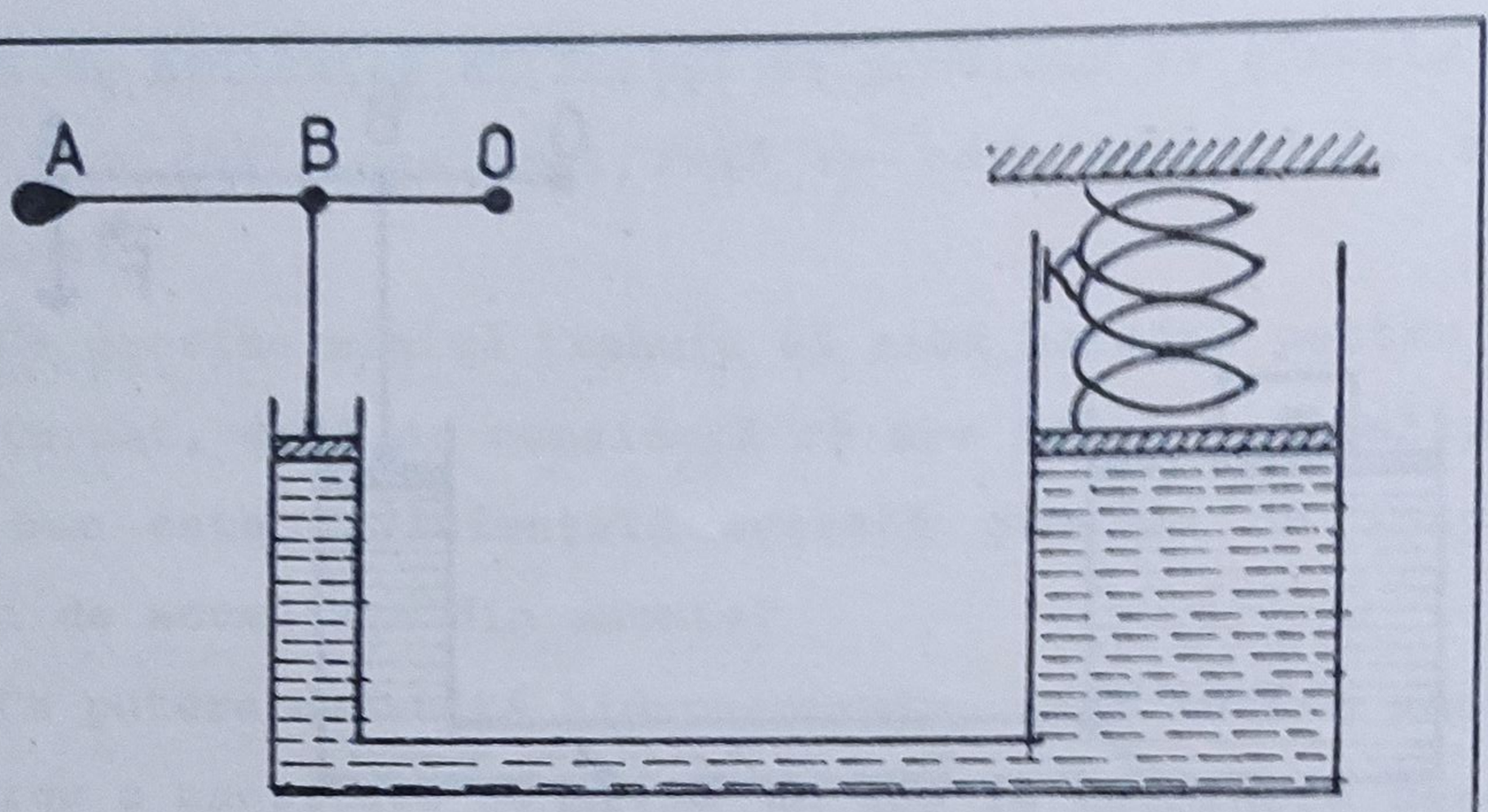


Figura P.155.

ρ =900kg/m^3. Pistoanele sunt iniţial la aceeaşi înălţime şi au greutate neglijabilă.

(Olimpiadă 1986 - etapa naţională)

156. Două barometre, unul metalic şi altul cu mercur, aflate într-un satelit vor indica la lansarea acestuia aceeaşi presiune? Dar în stare de imponderabilitate?

157. La poalele unui munte barometrul indică o presiune de 720 mm coloană de mercur, iar în vârful lui o presiune de 620 mm coloană de mercur. Cunoscând ρ_{mercur} =13600kg/m^3 şi ρ_{aer} =1,293kg/m^3 să se calculeze înălţimea muntelui.

(Olimpiadă 1989 - etapa judeţeană)

158. Într-o mină un barometru indică o presiune mai mare ca cea de la suprafaţă. Ce adâncime are o mină pentru care barometrul instalat în cabina liftului indică o creştere a

presiunii de la 760 torr (la suprafaţă) la 786 torr (la adâncime)? Densitatea aerului este ρ_{aer} =0,0013g/cm^3.

159. Tubul unui barometru se fisurează în zona coloanei de mercur. Va intra aer în tub sau va ieşi mercur în afară?

160. De ce experienţa lui Torricelli nu se poate realiza cu apă în loc de mercur (în condiţiile unui laborator)?

161. Un tub de lungime l, închis la capătul B, având iniţial în el aer la presiunea atmosferică p_o, este introdus cu capătul deschis A la adâncimea h într-un vas cu lichid de densitate ρ_o. Lichidul pătrunde în tub pe o lungime x. Determinaţi:

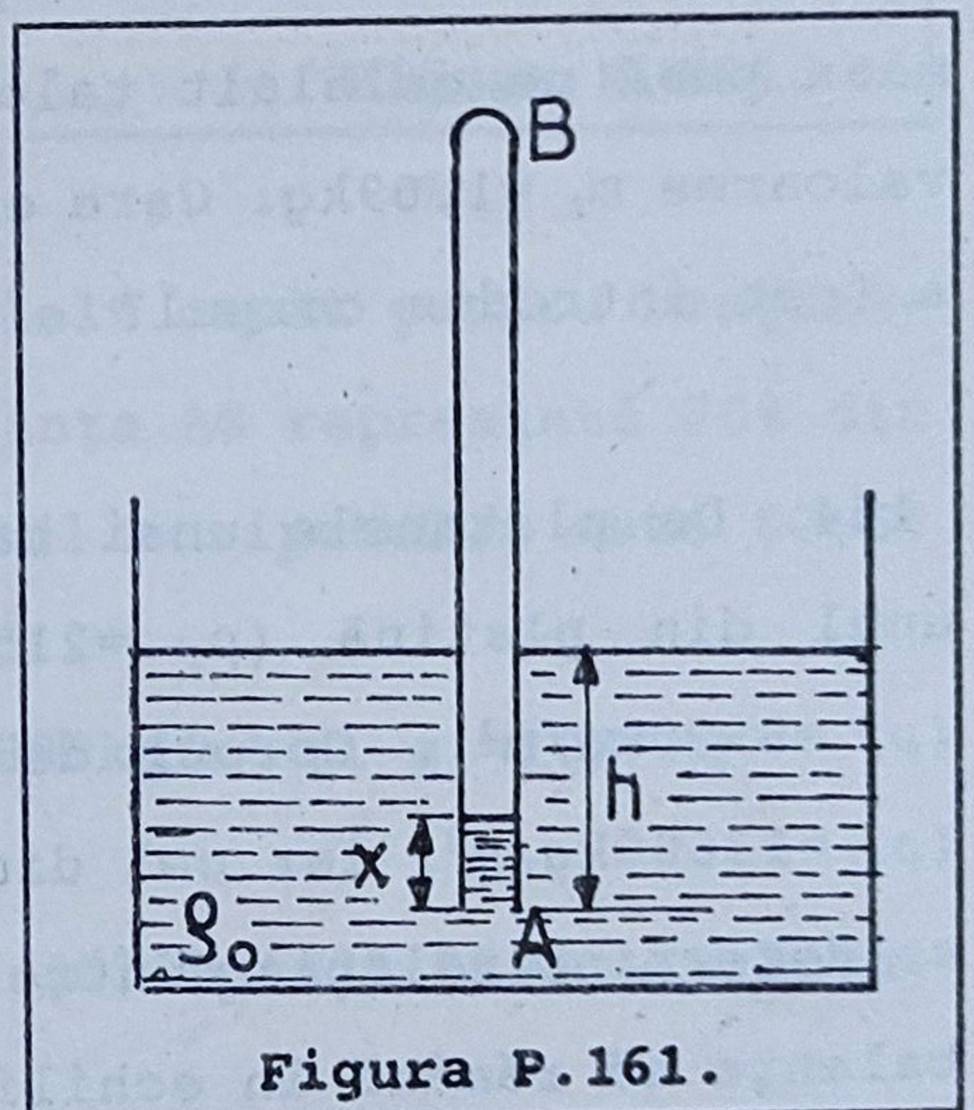


Figura P.161.

a) Presiunea aerului închis în tub;

b) Densitatea aerului închis în tub (se dau: p_o - presiunea atmosferică, ρ_{aer} - densitatea aerului la presiunea p_o, g - acceleraţia gravitaţională precum şi mărimile h, x, l şi ρ_o cu semnificaţia din text);

c) Dacă tubul se fisurează la partea superioară, să se stabilească nivelul lichidului din tub.

(Olimpiadă 1984 - etapa naţională)

162. a) Este egal vectorul forţă arhimedică cu vectorul greutate al volumului de lichid dezlocuit?

b) Dacă un corp pluteşte în echilibru în interiorul unui lichid, putem considera vectorul greutate al corpului egal cu vectorul greutate al volumului de lichid dezlocuit?

163. Un corp cântărit cu balanţa are masa m_1 =1,2kg şi densitatea ρ =8,9g/cm^3. Dacă suspendăm corpul de talerul balanţei şi îl introducem complet într-un lichid, atunci masa pusă pe celălalt taler pentru a echilibra balanţa are valoarea m_2 =1,09kg. Care este densitatea lichidului în care a fost introdus corpul?

164. De platanele unei balanţe se suspendă două corpuri, unul din platină (ρ_1 =21500kg/m^3) şi celălalt din cupru (ρ_2 =8900kg/m^3). Corpul de platină se introduce în mercur (ρ_3 =13600kg/m^3) iar cel din cupru în apă (ρ =1000kg/m^3). Să se determine relaţia dintre volumele corpurilor astfel încât balanţa să rămână în echilibru.

(Olimpiadă 1981 - Iaşi)

165. Două sfere cu densităţile $\rho_1 = 21{,}5 \cdot 10^3$kg/m^3 şi $\rho_2 = 2{,}56 \cdot 10^3$kg/m^3 au aceeaşi greutate în vid. Le suspendăm la extremităţile unei pârghii şi le introducem într-un vas cu lichid de densitate $\rho = 1{,}2 \cdot 10^3$kg/m^3. Care trebuie să fie raportul celor două braţe ale pârghiei, pentru ca sistemul să fie în echilibru?

(Olimpiadă 1987 - Drobeta-Turnu Severin)

166. O piesă din fier cântăreşte 97,5kg şi este scufundată într-o cuvă cu alcool pentru spălare prin intermediul unei frânghii legate de capătul unei pârghii (vezi figura). Cu ce forţă trebuie acţionat la celălalt capăt pentru menţinerea sistemului în echilibru? Distanţa AS reprezintă 20% din lungimea AB a pârghiei, randamentul scripetelui este 87,5% iar al pârghiei este 100%.

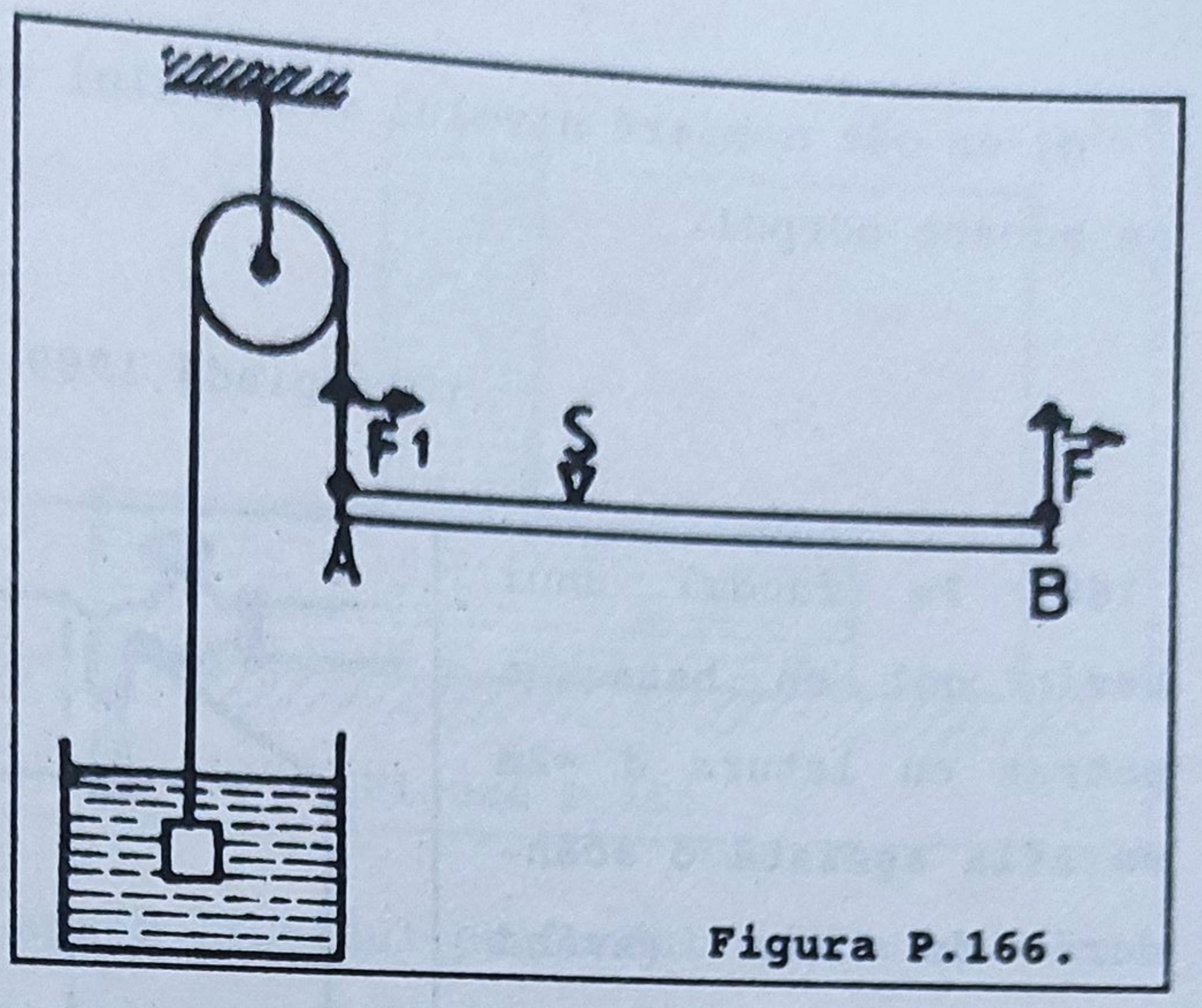


Figura P.166.

Se cunosc: ρ_{Fe} =7800kg/m³; ρ_{alcool} =800kg/m³ şi g =10N/kg.

(Olimpiadă 1990 - Brăila)

167. În mercurul dintr-un vas cilindric cu secţiunea S =10cm² pluteşte un corp cu secţiunea s =1cm², cufundându-se 2/3 din înălţimea sa care este h =45cm. Se toarnă apă în vas, astfel încât corpul să rămână complet cufundat în cele două lichide. Cunoscând densitatea mercurului ρ_1 =13600kg/m³ şi a apei ρ_2 =1000kg/m³ să se calculeze:

a) densitatea corpului;

b) înălţimea porţiunii corpului care rămâne în mercur după turnarea apei;

c) volumele de mercur şi apă dezlocuite de corp;

d) cu cât coboară nivelul mercurului şi apei din vas dacă se scoate corpul.

(Olimpiadă 1989 - etapa judeţeană)

168. Pe fundul unui bazin gol cu baza un pătrat cu latura d =2m se află aşezată o scândură de lemn (având ρ =800kg/m^3) cu dimensiunile: L =80cm, l =5cm, h =2cm. În bazin curge apă ($\rho_{apă}$ =1000kg/m^3) astfel încât în fiecare secundă volumul creşte cu 1 litru.

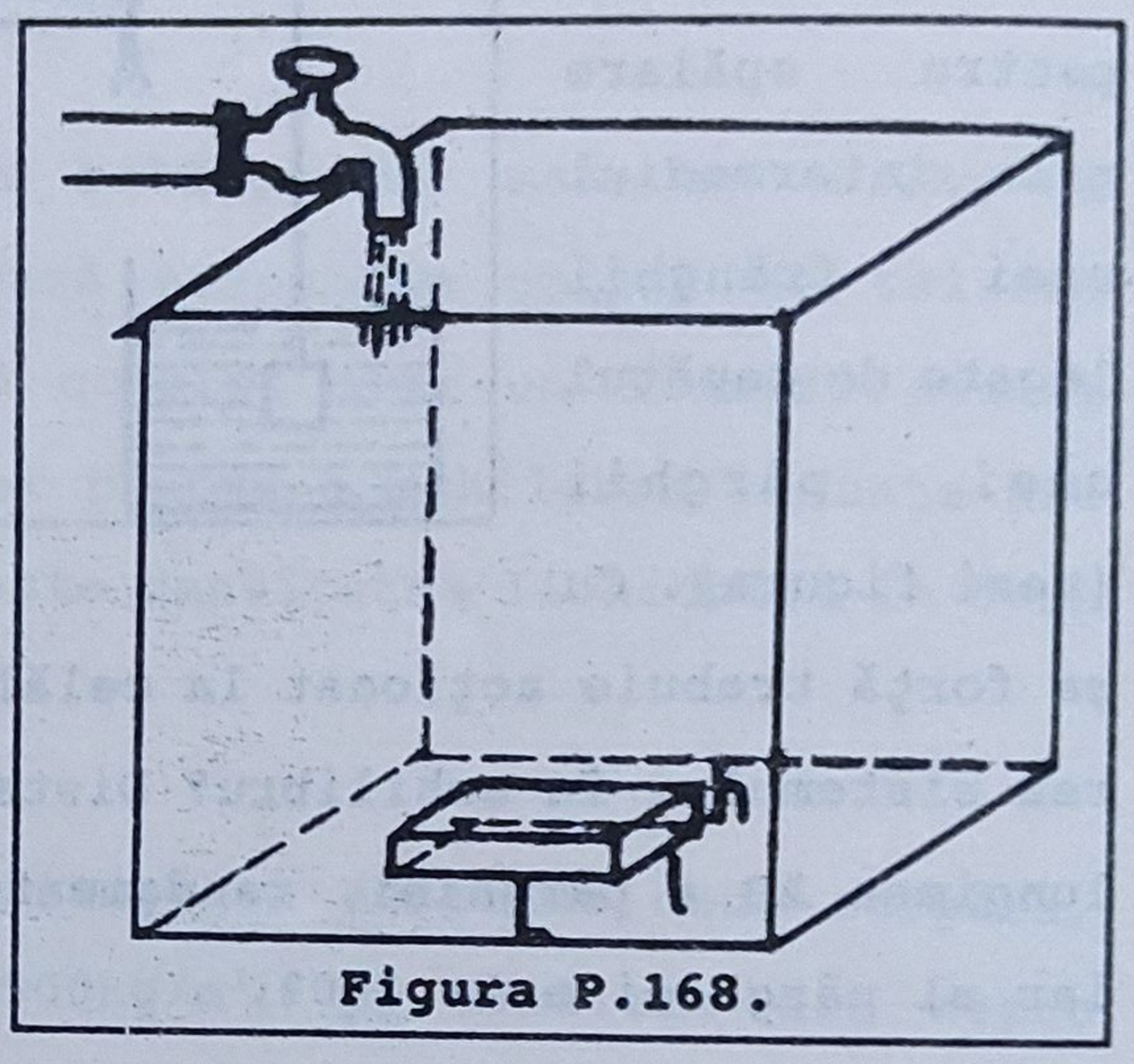


Figura P.168.

a) Ce presiune exercită corpul asupra fundului bazinului?

b) Să se calculeze intervalul de timp după care forţa de apăsare a corpului pe fundul vasului se anulează;

c) Să se calculeze lucrul mecanic al forţei arhimedice în intervalul de timp de 95,36s, măsurat din momentul prezenţei apei pe fundul bazinului;

d) Explicaţi ce se întâmplă cu corpul în situaţia în care acesta este aşezat pe fundul bazinului, pe faţa pentru care presiunea exercitată este maximă.

Se va lua g =10N/kg.

(Olimpiadă 1991 - etapa naţională)

169. În vasul din figură, având aria bazei $S=100cm^2$ se toarnă mercur pînă la înălţimea $h=50cm$.

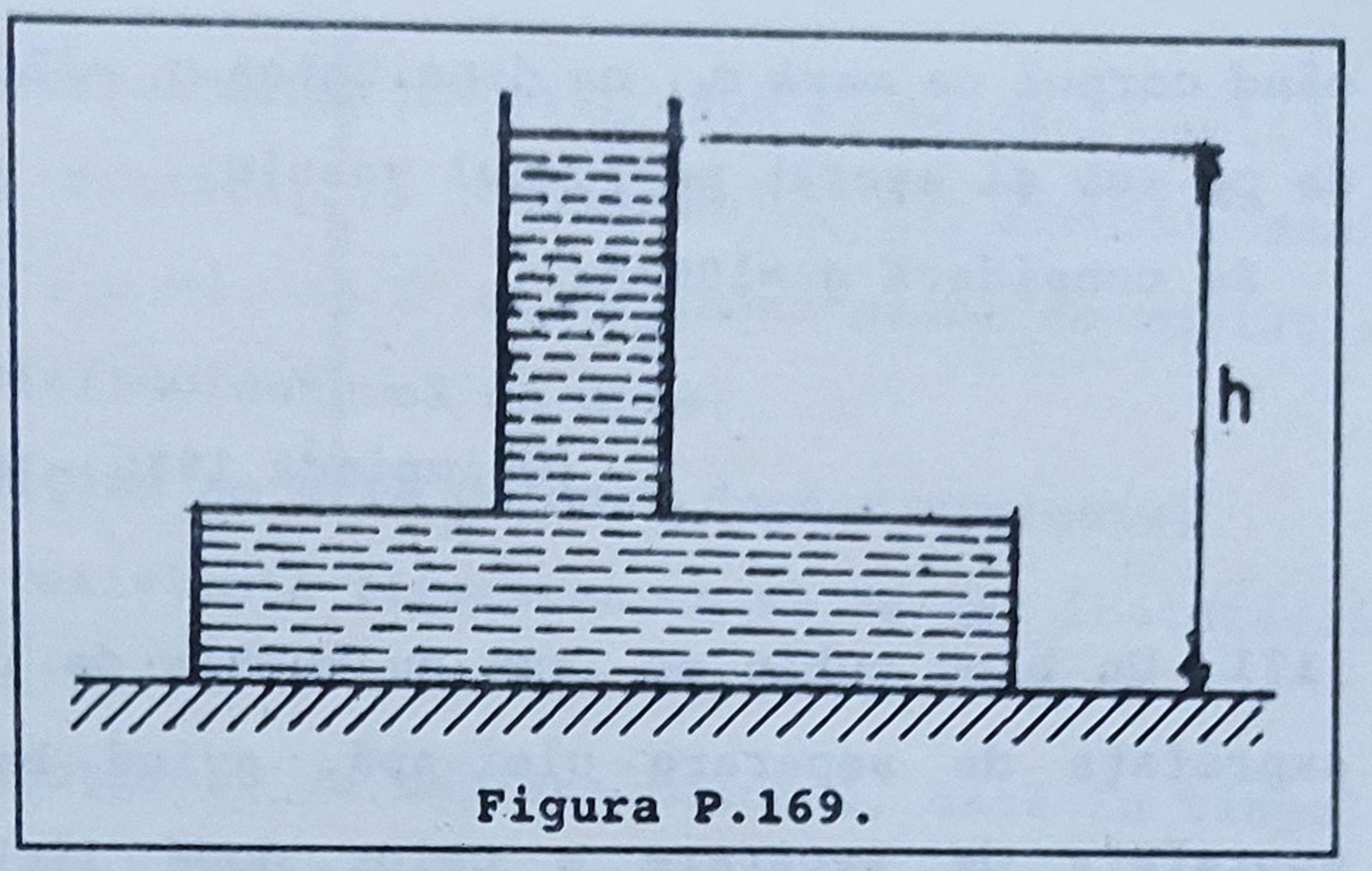


Figura P.169.

a) Calculaţi forţa cu care apasă lichidul pe fundul vasului.

b) Un corp cilindric cu înălţimea $h_1=45cm$ aşezat pe suprafaţa mercurului se scufundă cu 2/3 din h_1. Calculaţi densitatea corpului.

c) Se toarnă apă peste mercur astfel încât corpul să fie complet scufundat în cele două lichide. Care este înălţimea porţiunii din corp scufundată în mercur în acest caz?

Se cunosc: densitatea mercurului $13,5g/cm^3$, densitatea apei $1g/cm^3$ şi acceleraţia gravitaţională $g=10N/kg$.

(Olimpiadă 1987 - etapa naţională)

170. Un cub cu masa $m=800g$, aşezat pe o suprafaţă orizontală, exercită presiunea $p=200Pa$;

a) Să se calculeze latura l a cubului.

b) Cubul se introduce într-un vas cilindric cu apă ($\rho_{apă}=1000kg/m^3$). Să se determine masa minimă m_1 a unui corp care, aşezat pe cub, să-l scufunde complet.

c) Ştiind că aria bazei vasului cilindric este $S=6dm^2$, să se afle cu cât se modifică înălţimea apei din vas atunci

când corpul de masă m_1, cu densitatea ρ_1 =7200kg/m³ este luat de pe cub şi aşezat pe fundul vasului.

Se consideră g =10N/kg.

(Olimpiadă 1990 - etapa naţională)

171. Un bloc cubic de lemn cu muchia de 10cm pluteşte la suprafaţa de separare ulei-apă, având baza la 3cm sub suprafaţa de separare a celor două lichide. Cunoscând ρ_{ulei} =0,67g/cm³; $\rho_{apă}$ =1g/cm³ şi g =10N/kg, să se calculeze:

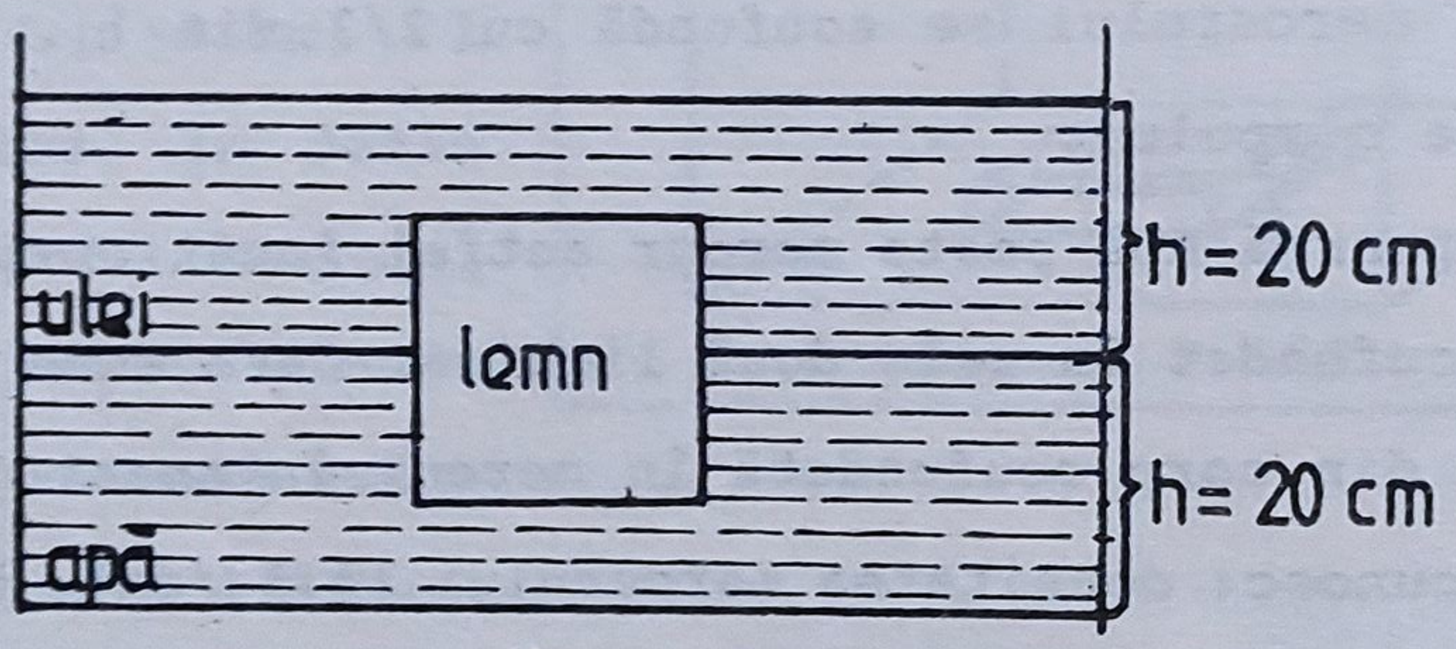


Figura P.171.

a) masa blocului de lemn;

b) diferenţa de presiune exercitată pe faţa interioară şi pe faţa superioară a cubului;

c) ce volum trebuie să aibă o bucată de plumb fixată sub blocul de lemn pentru a scufunda complet sub apă blocul (ρ_{Pb} =11,4g/cm³).

(Olimpiadă 1985 - etapa naţională)

172. Un balon cu greutatea G_b =10N (fară gazul din el) este umplut cu hidrogen la presiunea normală ocupând volumul de 4m³. Balonul ridică într-o mişcare uniformă cu v =2m/s

aparatura unei staţii meteo având G_a =20N şi volumul neglijabil. Ştiind că densităţile hidrogenului şi aerului sunt ρ_H =0,09kg/m³ şi ρ_{aer} =1,3kg/m³ şi neţinând seama de variaţia densităţii cu altitudinea, să se afle:

a) la ce înălţime se află balonul după t =5minute;

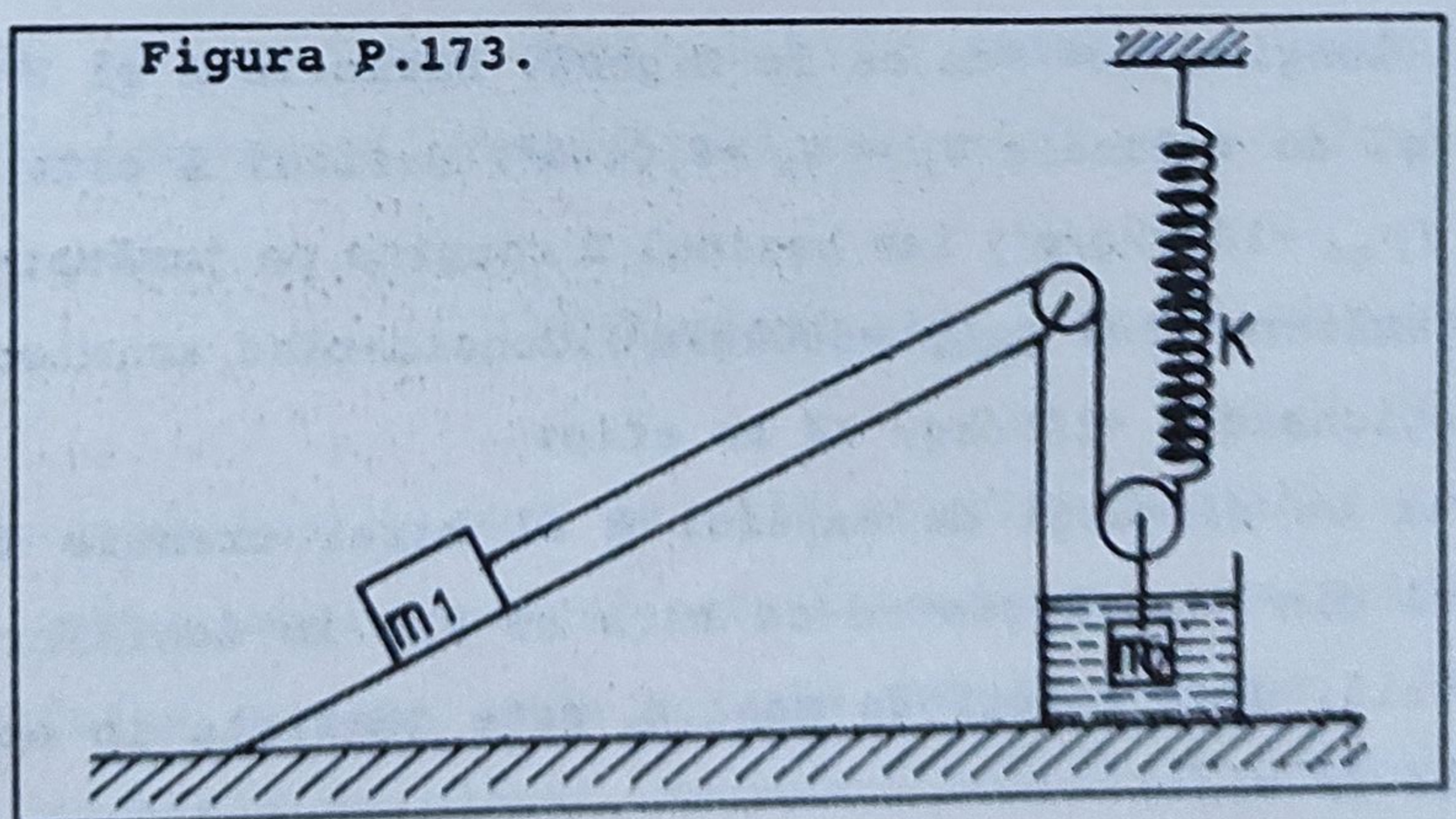
b) forţa de rezistenţă (frecarea opusă de aer înaintării balonului);

c) pe ce direcţie se va deplasa balonul, dacă în timpul urcării bate un vânt lateral cu viteza v_1 =4m/s (construcţie grafică)?

(Olimpiadă 1980 - etapa naţională)

173. Fie sistemul din figură, aflat în echilibru. Corpurile m_1 şi m_2 au fost obţinute dintr-un corp paralelipipedic omogen din aluminiu cu dimensiunile 2cm x 2cm x 10cm (având densitatea de 3000 kg/m³) prin tăiere transversală în două

Figura P.173.



părţi inegale. Constanta de elasticitate a resortului este k =30N/m, unghiul de înclinare al planului este de 30°,

densitatea apei $\rho = 1000 kg/m^3$ şi $g = 10N/kg$. Neglijând frecările şi masa scripetelui mobil, să se calculeze:

a) masa corpului din care s-au tăiat m_1 şi m_2;

b) lungimile acestor două corpuri;

c) alungirea resortului;

(Olimpiadă 1987 - etapa naţională)

174. Două cuburi de mase $m_1 = 7,8kg$ şi $m_2 = 2,8kg$ şi densităţi $\rho_1 = 7800\ kg/m^3$ şi $\rho_2 = 2800 kg/m^3$ sunt suspendate printr-o tijă rigidă de masă neglijabilă şi lungime $l = 5cm$ ca în figură. Bazinele A şi B sunt cubice şi au volumele $V_A = V_B = 0,064m^3$. Bazinul A este plin cu apă ($\rho_{apă} = 1000 kg/m^3$) iar bazinul B conţine pe jumătate apă şi pe jumătate ulei ($\rho_{ulei} = 600 kg/m^3$). Considerând acceleraţia gravitaţională $g = 10N/kg$, să se afle:

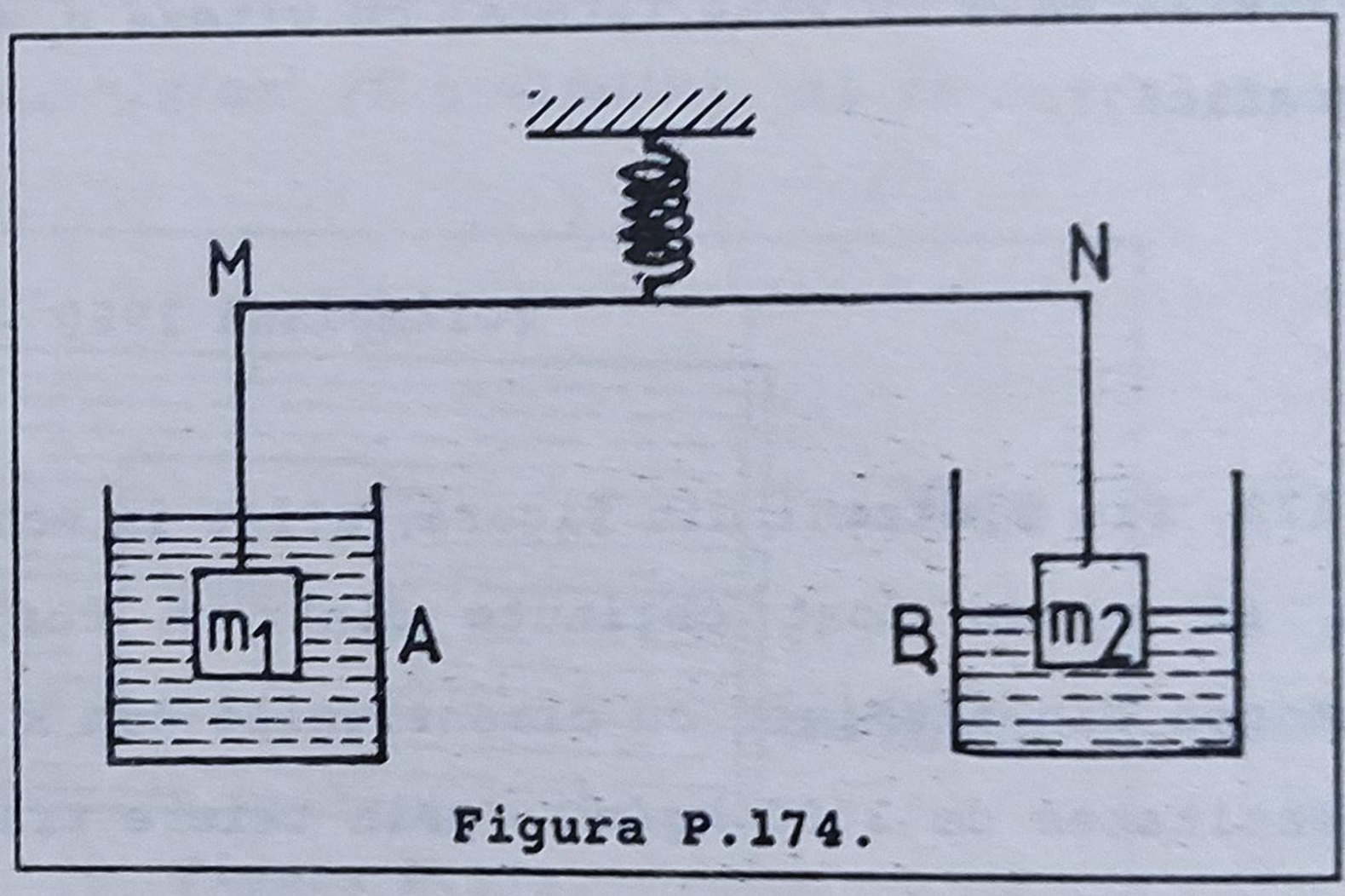


Figura P.174.

a) la ce distanţă de capătul M al barei trebuie fixat resortul din figură pentru ca bara să fie în echilibru pe orizontală, dacă corpul de masă m_2 este jumătate în apă şi jumătate în ulei;

b) presiunile pe faţa superioară şi pe cea inferioară a cubului de masă m_2;

c) secțiunea suprafeței orizontale pe care se află bazinul A, dacă greutatea bazinului gol este neglijabilă. Presiunea atmosferică este $p_o = 10^5 N/m^2$.

(Olimpiadă 1988 - etapa națională)

175. O lumânare de formă cilindrică, având adăugat (lipit) la partea inferioară un cilindru cu aceeași secțiune, plutește vertical în apă. Lumânarea are lungimea $L_o = 16cm$, densitatea $\rho_1 = 400kg/m^3$ și porțiunea situată deasupra nivelului apei de lungime $l = L_o/2$. Lumânarea arde cu viteza $v = 1,8cm/h$. Densitatea cilindrului este $\rho_2 = 3000kg/m^3$ iar densitatea apei este $\rho_o = 1000kg/m^3$.

a) Reprezentați toate forțele care acționează asupra ansamblului lumânare-cilindru și calculați înălțimea x a cilindrului adăugat la lumânare.

b) Cât timp t va arde lumânarea (se presupune că partea arsă din lumânare se vaporizează)?

c) Să se precizeze dacă pînă la stingerea lumânării aceasta se răstoarnă. Justificați răspunsul prin calcul.

(Olimpiadă 1989 - etapa națională)

176. Într-un vas cu apă se află un plan înclinat (vezi figura). Sub planul înclinat este introdus un paralelipiped cu densitatea $\rho < \rho_o$, unde ρ_o este densitatea apei. Forța minimă, paralelă cu planul, necesară coborârii uniforme a paralelipipedului spre baza planului înclinat este F_1, iar forța minimă, paralelă cu planul, necesară urcării uniforme a paralelipipedului spre vârful planului înclinat este F_2.

Cunoscând înălţimea planului înclinat h, lungimea lui l şi acceleraţia gravitaţională g să se determine:

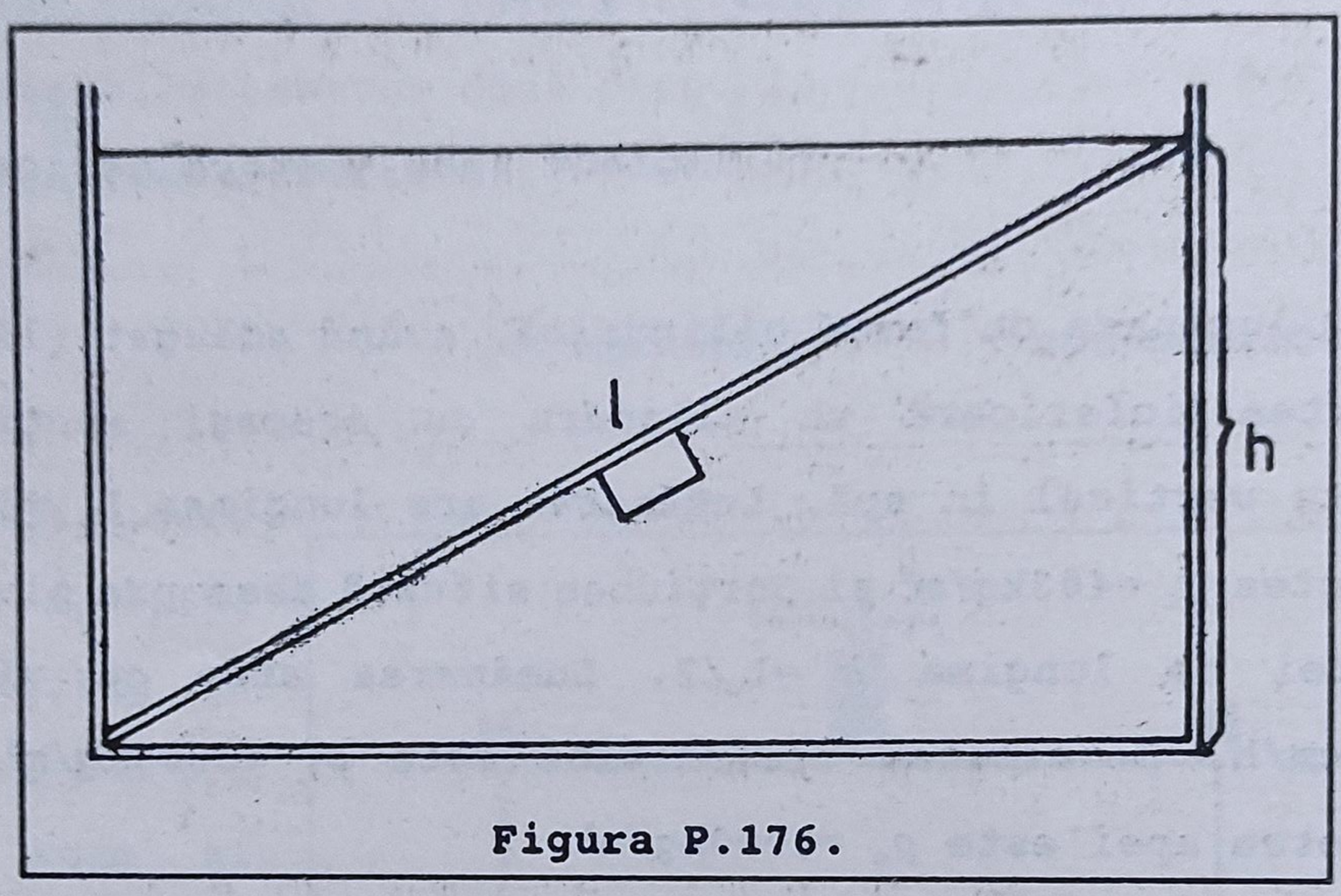


Figura P.176.

a) forţa de frecare între paralelipiped şi planul înclinat;

b) greutatea paralelipipedului (se neglijează rezistenţa la înaintare din partea lichidului).

(Olimpiadă 1990 - etapa naţională)

177. O roată de caşcaval (Schweitzer) sub formă cilindrică cu raza R = 0,1m are volumul V =5dm³ şi masa de 6kg. Ştiind că golurile din caşcaval sunt identice între ele şi uniform distribuite în roată,

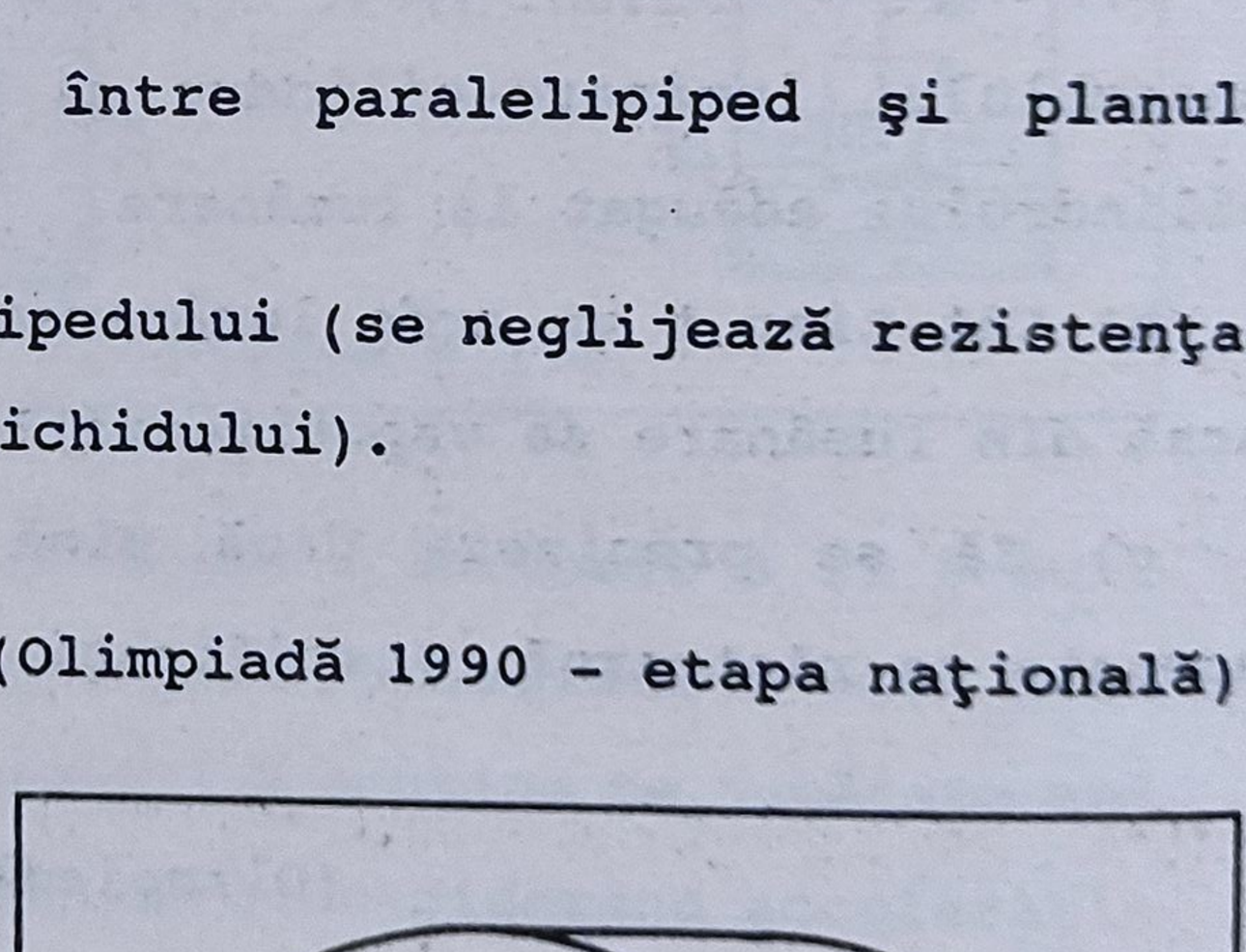


Figura P.177.

iar volumul lor reprezintă 1/5 din volumul V al roţii, să se calculeze:

a) densitatea aparentă a roţii;

b) densitatea caşcavalului;

c) greutatea aparentă a roţii de caşcaval scufundată sub apă, considerând că apa nu pătrunde în golurile din caşcaval; (densitatea apei este $\rho = 1000 kg/m^3$)

d) Şoricelul Jerry, scăpat de sub supravegherea motanului Tom, roade în roata de caşcaval o gaură cilindrică, având axul paralel cu axul roţii şi raza r = R/4 şi centrul la R/2 faţă de axul roţii. Stabiliţi poziţia centrului de greutate al caşcavalului rămas.

Se ştie că volumul cilindrului este egal cu aria bazei x înălţimea, adică: $V=(\pi \cdot R^2) \cdot h$. Se va lua: g =10N/kg.

(Olimpiadă 1993 - etapa naţională)

178. Sistemul din figură se află în stare de echilibru.

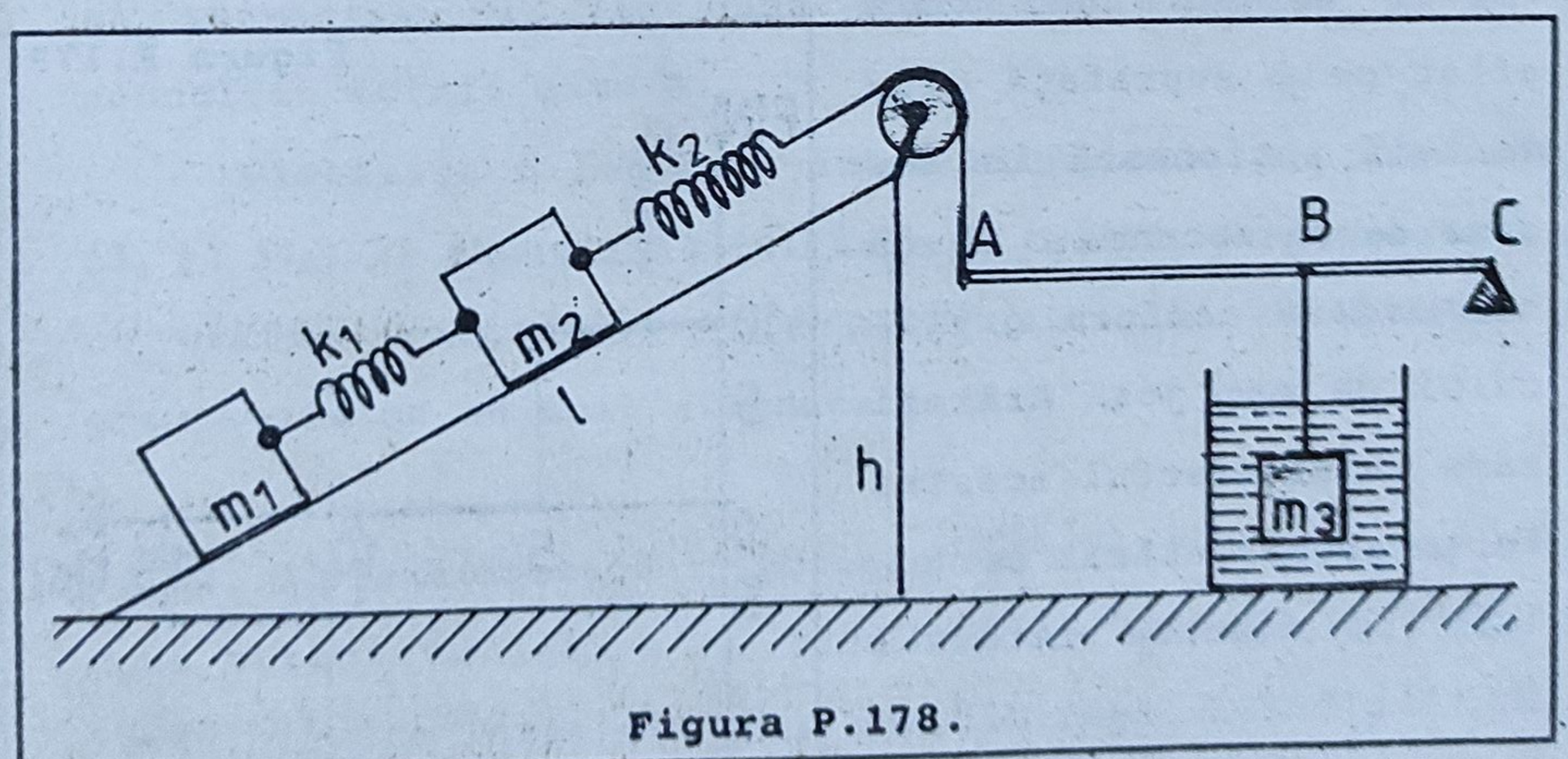


Figura P.178.

Se cunosc: înălţimea planului înclinat h =1m; lungimea lui l =2m; masele m_1 =400g şi m_2 =1kg; constanta elastică a resortului k =100N/m; acceleraţia gravitaţională g =10N/kg.

Frecarea pe planul înclinat se neglijează.

Corpul de masă m_3 =5,5kg se află complet scufundat într-un lichid. Se cere:

a) alungirea resortului de constantă elastică k_1;

b) constanta elastică k_2 a celui de-al doilea resort cunoscând că alungirea lui este Δl_2 =25cm.

c) lungimea pârghiei AC dacă forţa aplicată în punctul B are valoarea de 35N şi acest punct este la distanţa a =8cm de punctul A;

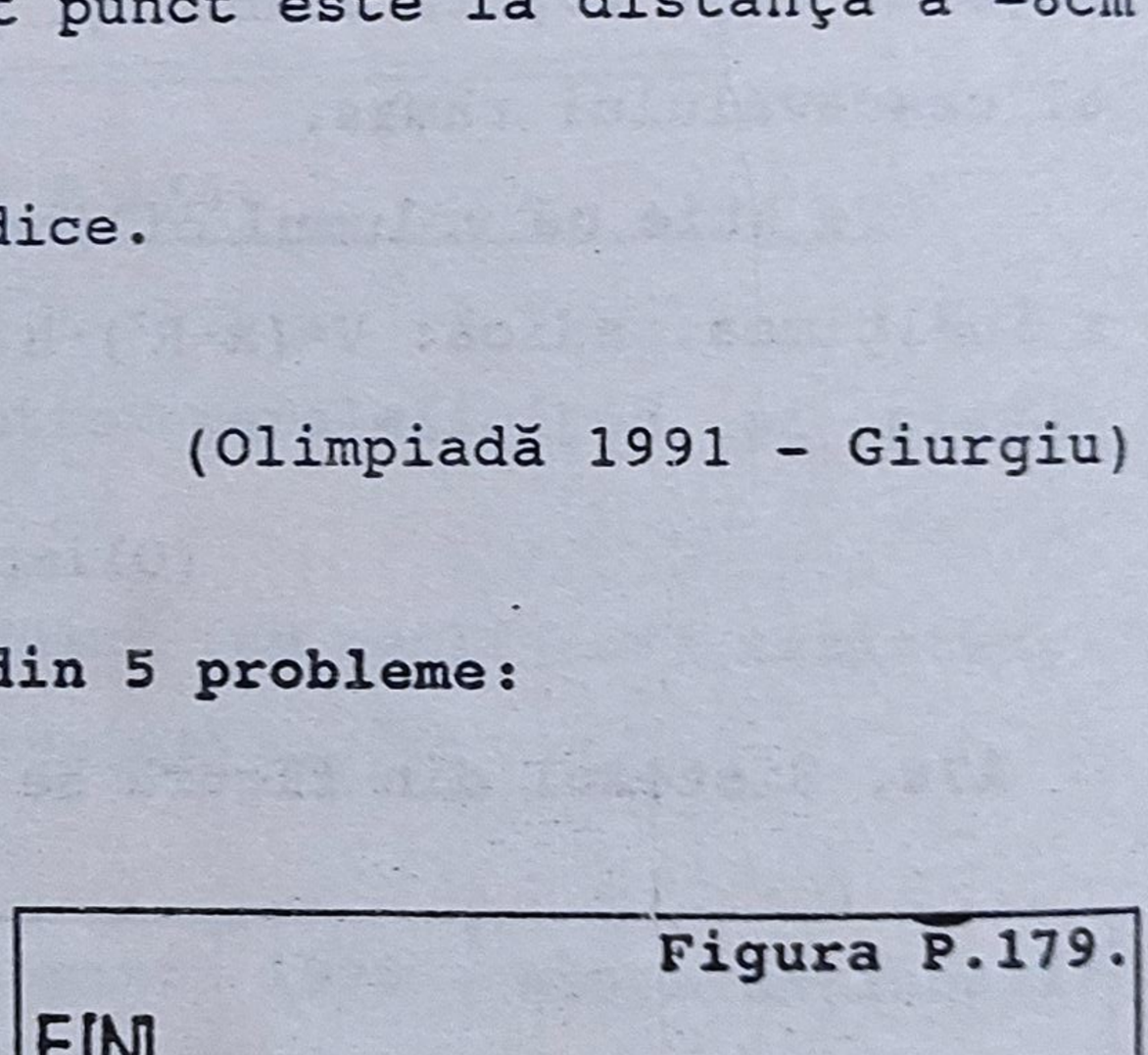
d) valoarea forţei arhimedice.

(Olimpiadă 1991 - Giurgiu)

Vă propunem un test format din 5 probleme:

P.179. Asupra unui corp aflat pe o suprafaţă orizontală acţionează în decurs de 15 secunde o forţă ce variază conform graficului de mai jos. Arătaţi care va fi efectul acestei forţe asupra stării corpului, în fiecare interval de timp.

Figura P.179.



(Olimpiadă 1993 - Sibiu)

P.180. Se dă sistemul din figură în care resortul elastic are constanta k =400N/m şi punctul B se găseşte la o diastanţă egală cu a cincea parte din rază, faţă de punctul O, astfel încât OB să fie perpendicular pe firul de legătură cu sistemul de scripeţi. Să se calculeze m, astfel ca sistemul să fie în echilibru când resortul este alungit cu 5mm. (g = 10N/kg).

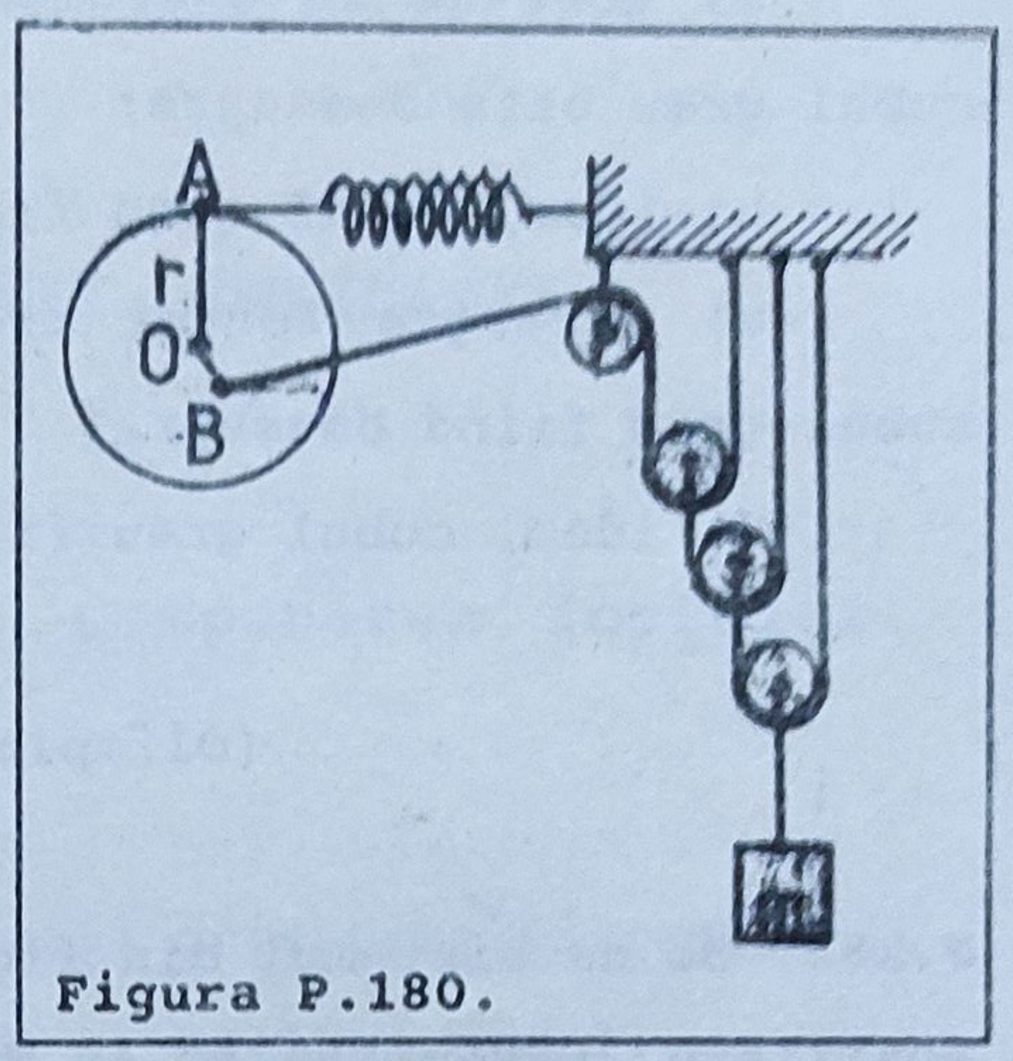


Figura P.180.

(Olimpiadă 1990 - Drobeta-Tr. Severin)

P.181. Un corp de masă m_1, suspendat de un resort elastic, îl alungeşte cu Δl_1. Alt corp, cu masa m_2 ($m_1<m_2$) îl alungeşte cu Δl_2. Dacă suspendăm acum două corpuri, unul cu masa $m_3 = m_1+m_2$ şi altul cu masa $m_4 = m_2-m_1$, alungirile vor fi Δl_3 şi respectiv Δl_4 iar dacă suspendăm simultan m_3 şi m_4 alungirea totală este Δl_5.

Stabiliţi o legătură între alungirile Δl_3 (respectiv Δl_4 şi Δl_5) şi alungirile iniţiale Δl_1 şi Δl_2. Reprezentaţi pe un grafic (calitativ) cele cinci alungiri ca funcţie de greutăţile ce au fost atârnate pentru $m_2 = 3m_1$.

P.182. O piesă aşezată în poziţie verticală este formată din două cuburi cu latura de 10cm fiecare şi masele 7,6kg şi 2,4kg, lipite între ele prin una din feţe. Luând g = 10N/kg să se determine forţa orizontală minimă necesară răsturnării corpului dacă:

a) aceasta se exercită asupra muchiei superioare şi cubul greu este deasupra;

b) idem, cubul greu fiind dedesubt;

c) direcţia forţei trece prin centrul de greutate, cubul greu fiind deasupra;

d) idem, cubul greu fiind dedesubt.

(Olimpiadă 1991 - Drobeta-Tr. Severin)

P.183. Se dă sistemul din figura P.183. Când acesta este în echilibru, pârghiile AC şi FD sunt paralele şi orizontale, iar resortul (1) este alungit cu $\Delta l_1 = 8cm$. Resorturile (1) şi (2) au aceeaşi constantă elastică $k = 500N/m$, iar $BC = AC/4$ şi $EF = FD/2$. Considerând $g = 10N/kg$, aflaţi:

a) alungirea resortului (2);

b) masa corpului suspendat de resortul (2).

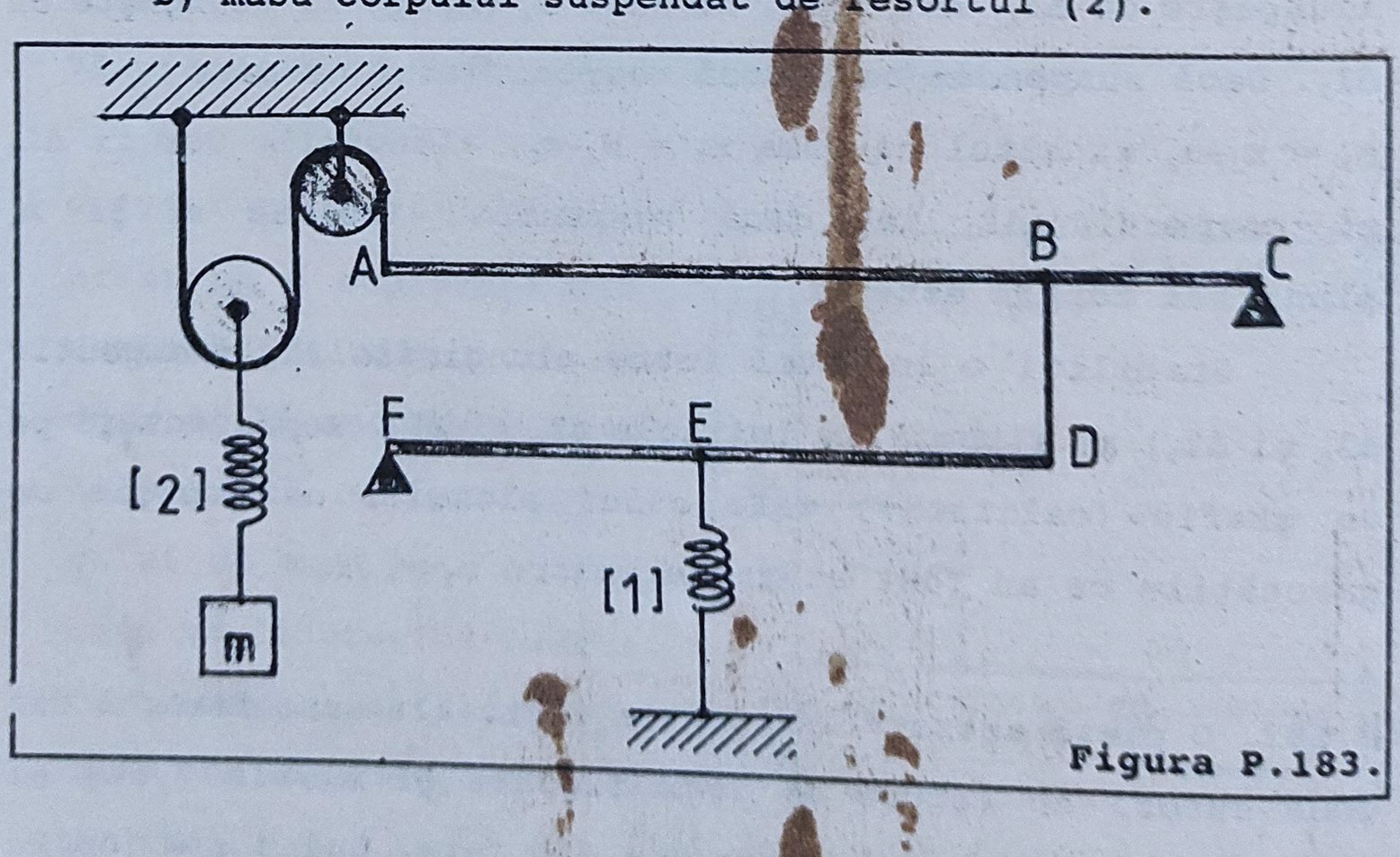


Figura P.183.

(Olimpiadă 1993 - Drobeta-Tr. Severin)

RĂSPUNSURI, REZOLVĂRI, INDICAŢII

Forţa - mărime vectorială. Compunerea forţelor. Principiile mecanicii.

1. Forţele sunt egale dacă au aceeaşi orientare (direcţie şi sens), acelaşi punct de aplicatie şi acelaşi modul.

2. a) forţe coliniare de acelaşi sens; b) forţe coliniare de sens contrar; c) forţe perpendiculare.

3. Nu; se poate demonstra utilizând regula triunghiului.

4. Forţele trebuie reprezentate mai întâi la aceeaşi scară.

5. $R_{max} = F_1 + F_2 = 10N$ pentru unghi de 0° (forţe coliniare de acelaşi sens) şi $R_{min} = F_2 - F_1 = 2N$ pentru unghi de 180° (forţe coliniare de sens contrar).

6. Rezultanta este aceeaşi (ea are aceeaşi scară ca şi forţele componente).

7. $\vec{v}=\vec{v}_1+\vec{v}_2$ (Vezi figura R.7.) unde $\vec{v}_1$ şi $\vec{v}_2$ sunt vectori perpendiculari. (v ≈ 225 Km/h)

8. a) Forţe coliniare, de sens contrar, egale în modul.

b) Rezultanta a două forţe să fie coliniară, de sens contrar şi egală în modul cu cea de-a treia forţă.

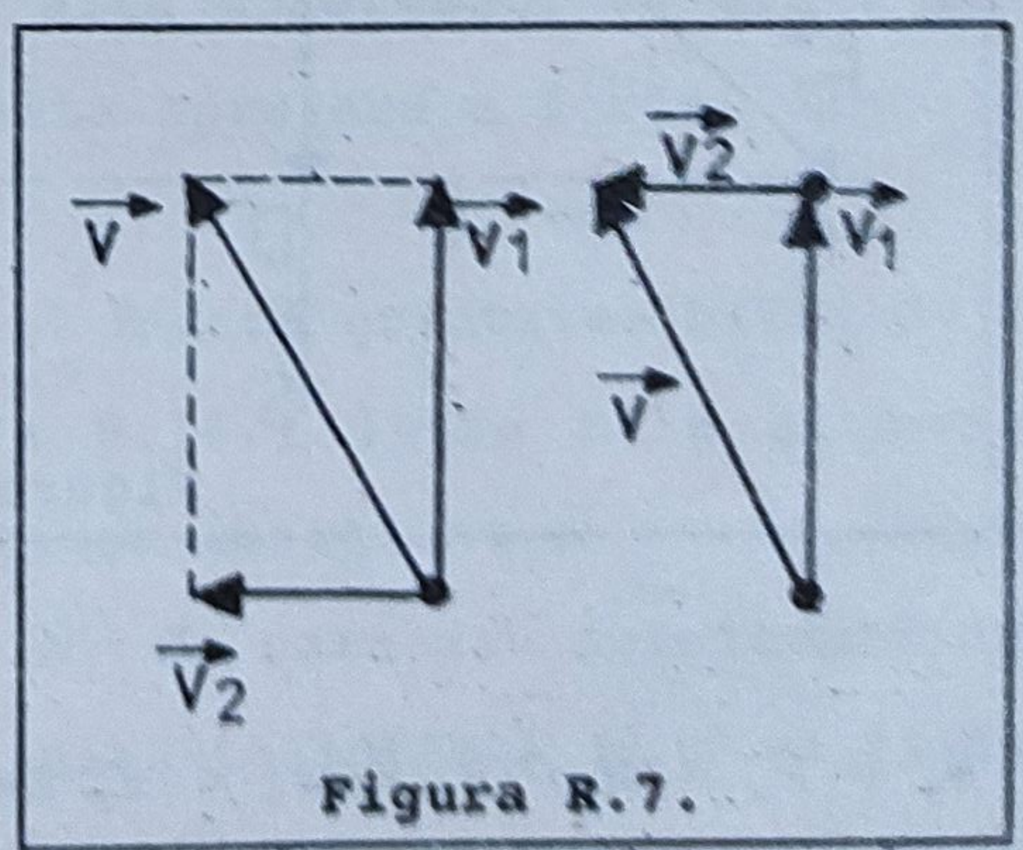


Figura R.7.

9. Cazul b).

10. a) 2N; b) 1N.

11. DA: b); c); d); e); f); g); h).

NU: a); i); j).

13. Putem compune $\vec{F}_1$ cu $\vec{F}_3$ şi separat $\vec{F}_2$ cu $\vec{F}_4$; apoi se compun rezultantele între ele; R = 7N, orientată spre sud - vest.

14. Se compun $\vec{F}_1$ cu $\vec{F}_1'$ şi separat $\vec{F}_2$ cu $\vec{F}_2'$ (vezi problema 9b). Apoi se compun cele două rezultante, care sunt colineare şi de sens contrar. Forţa $\vec{F}$ trebuie să echilibreze rezultanta celor 4 forţe. Rezultă: F = 10N, orientată după bisectoarea unghiului format de $\vec{F}_1$ şi $\vec{F}_1'$.

15. a) Notăm cu $\vec{R}_1$ şi respectiv $\vec{R}_2$ forţele rezultante ce acţionează asupra bărcii în cele două situaţii (fig. R.15.a)

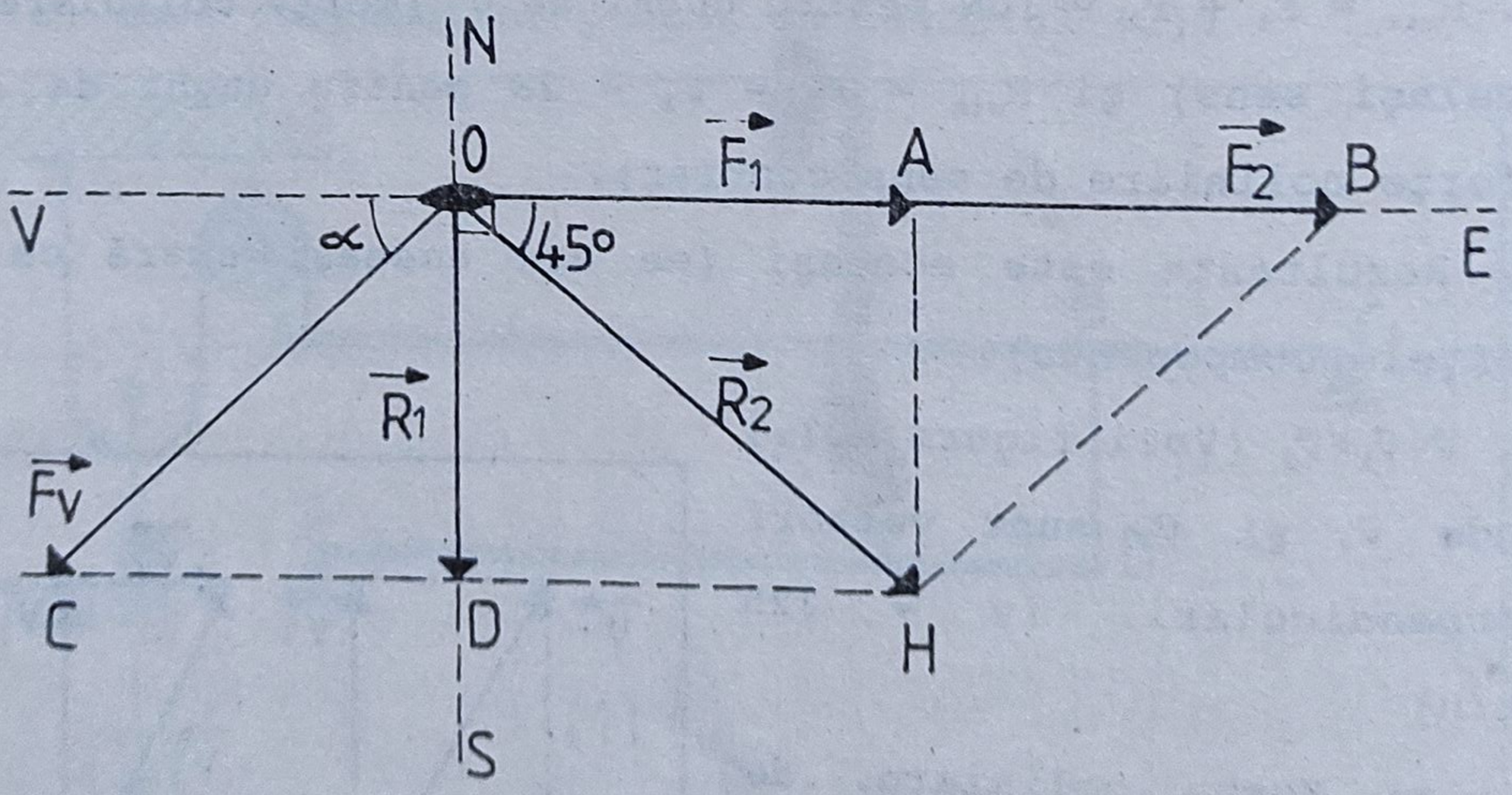


Figura R.15.a.

$\vec{F}_1 + \vec{F}_v = \vec{R}_1$; $\vec{F}_2 + \vec{F}_v = \vec{R}_2$ sau: $\vec{F}_1 + \vec{F}_1 + \vec{F}_v = \vec{R}_2$

$\vec{R}_1 + \vec{F}_1 = \vec{R}_2$; din triunghiul OAD rezultă $R_1 = F_1 = 250N$ şi $R_2 = F_1\sqrt{2} = 250\sqrt{2}$ N

În triunghiul dreptunghic isoscel OCD avem:

$F_v^2 = R_1^2 + F_1^2 = 2 \cdot F_1^2$

$F_v = F_1\sqrt{2} = 352,5N$;

$\alpha = 45°$

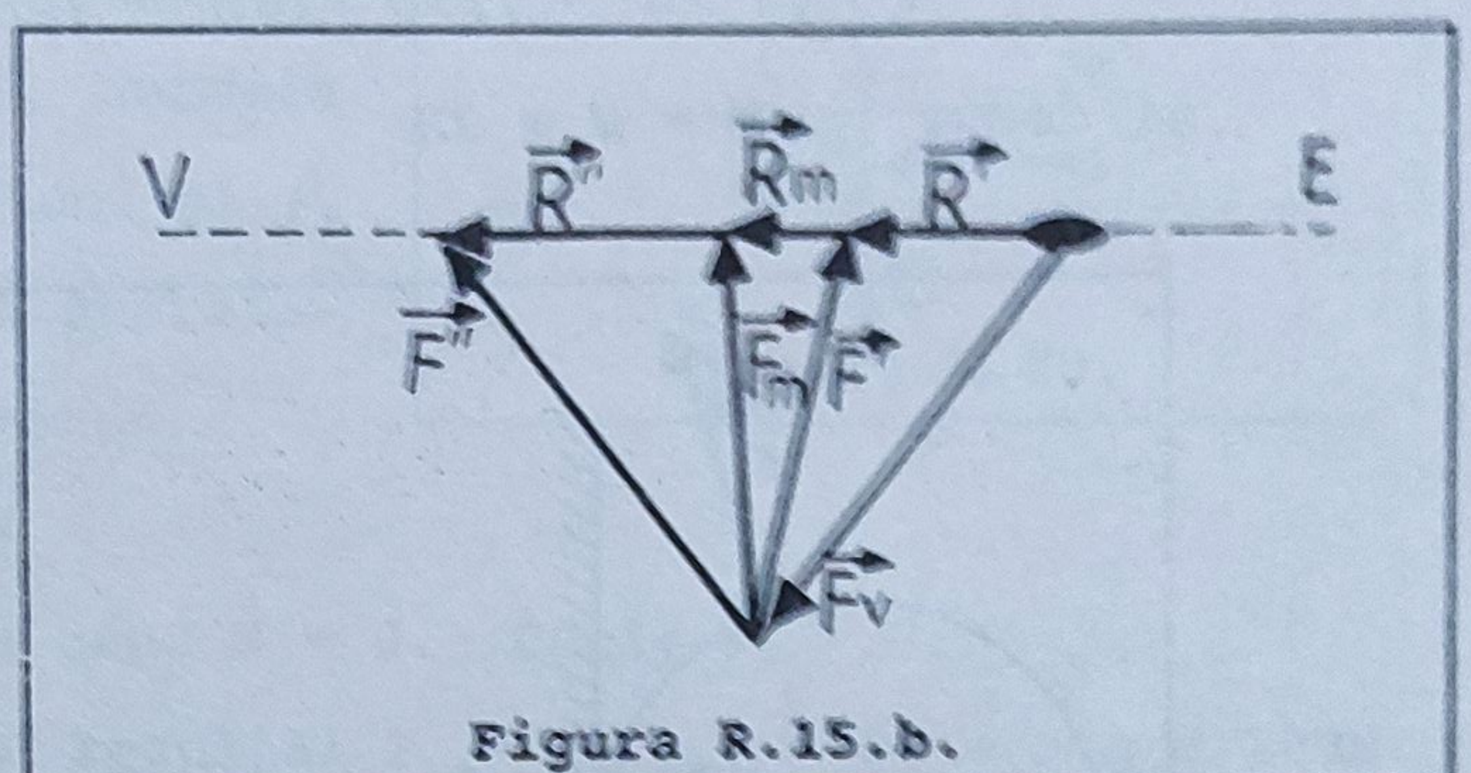


Figura R.15.b.

b) Barca se deplasează după bisectoarea unghiului format de cele două forţe.

c) Notând cu $\vec{F}$ forţa căutată, trebuie ca rezultanta $\vec{R}$ a forţelor $\vec{F}$ şi $\vec{F}_v$ să fie pe direcţia vest (fig R.15.b.). Putem compune cele două forţe după regula triunghiului (începând cu $\vec{F}_v$, care este fixă). Vârful forţei $\vec{F}$ trebuie să fie pe dreapta VE (forţe posibile fiind $\vec{F}'$, $\vec{F}''$ etc.). Forţa minimă $\vec{F}_m$ este cea care corespunde distanţei până la dreapta VE, deci are sensul spre nord. Descompunând $\vec{F}_v$ în două componente, una spre sud şi alta spre vest, se arată că F_m are acelaşi modul cu componenta spre sud a forţei vântului:

$F_m = 250N$

16. În primul caz dinamometrul indică greutatea bilei G= 4N. În cazul al doilea, (figura R.16.) între bilă şi perete apare un sistem de forţe acţiune-reacţiune $\vec{N} = -\vec{N}'$. Asupra bilei acţionează forţele $\vec{F}$, $\vec{N}$, $\vec{G}$, care dau rezultantă nulă (bila este în echilibru). Rezultanta între $\vec{N}$ şi $\vec{G}$ va fi deci egală şi de sens contrar cu $\vec{F}$. Aplicând teorema lui Pitagora, putem scrie:

$R^2 = N^2 + G^2$ dar $R = F$ deci: $N^2 = F^2 - G^2$;

De aici rezultă:

$$N = \sqrt{F^2-G^2} = \sqrt{25N^2-16N^2} = \sqrt{9N^2} = 3N$$

şi deci: $N' = N = 3N$

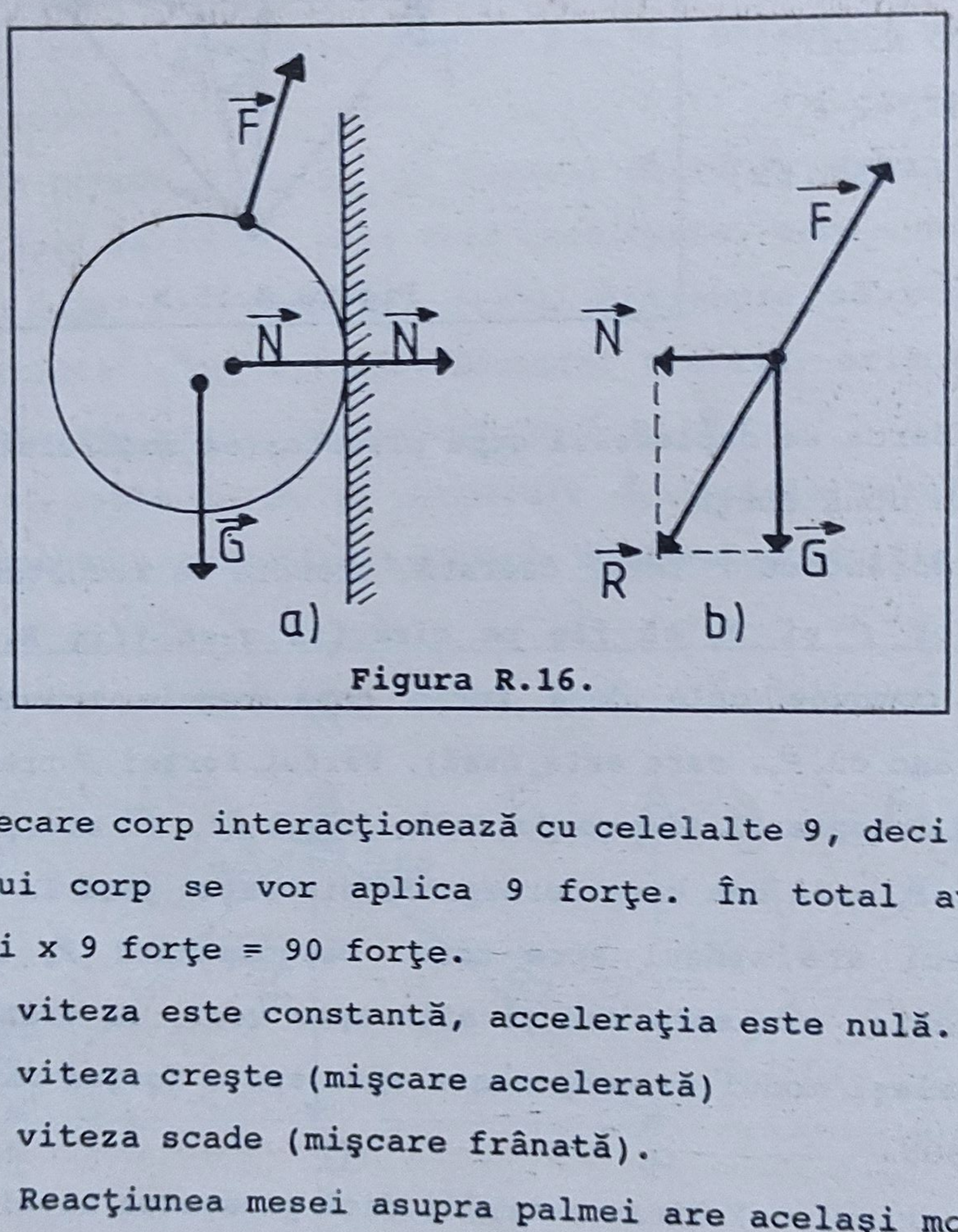


Figura R.16.

17. Fiecare corp interacţionează cu celelalte 9, deci asupra fiecărui corp se vor aplica 9 forţe. În total avem 10 corpuri x 9 forţe = 90 forţe.

18. a) viteza este constantă, acceleraţia este nulă.

b) viteza creşte (mişcare accelerată)

c) viteza scade (mişcare frânată).

19. A. Reacţiunea mesei asupra palmei are acelaşi modul ca şi acţiunea.

B. Datorită forţei de reacţiune (forţei cu care sfoara acţionează asupra noastră). Când această forţă este mai mare decât greutatea proprie noi ne ridicăm de pe podea.

20. Se descompune forţa $\vec{F}$ în două componente, $\vec{F}_1$ normală pe suprafaţa de contact şi $\vec{F}_2$ paralelă cu această suprafaţă. Pe verticală avem:

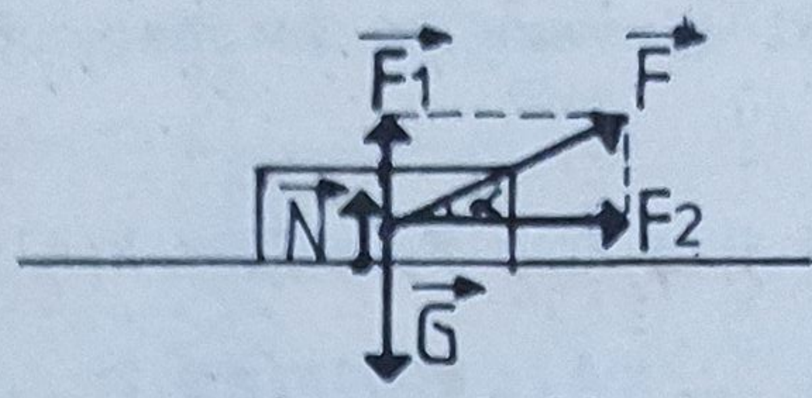


Figura R.20.

$$F_1 + N = G$$

Corpul se desprinde când N = 0. Deci: $F_1 = G$.

Pentru $\alpha = 30^\circ$ rezultă: $F_1 = F/2$; $F = 2G = 2mg = 100N$.

21. Forţa elastică se opune deformării;

a) ambele forţe elastice în jos;

b) poziţia de echilibru este sub jumătatea distanţei dintre cei doi pereţi, deci ambele forţe vor fi în sus;

c) în sus, mai mari ca la punctul b.

22. Balanţa indică corect masa corpului în timp ce cântarul cu arc nu.

23. a) Asupra corpului acţionează $\vec{G}$ şi $\vec{F}_2$

b) $\vec{F}_1$ - forţa cu care corpul acţionează asupra resortului reprezintă acţiunea (cauza)

$\vec{F}_2$ - forţa cu care resortul acţionează asupra corpului reprezintă reacţiunea (efectul).

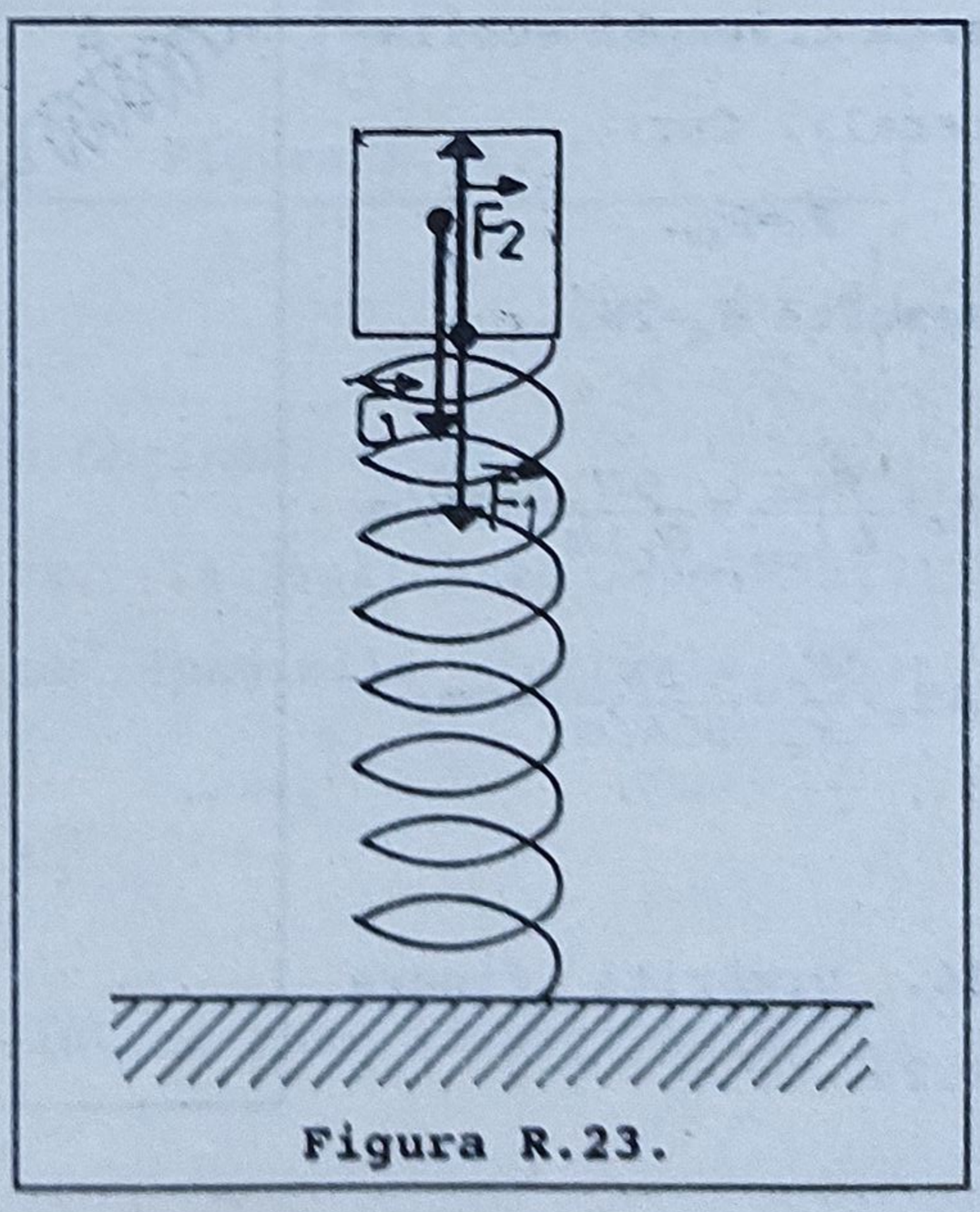


Figura R.23.

OBSERVAŢIE: Alegerea este relativă (de la caz la caz); de exemplu, când dorim să

tragem un corp în sus prin intermediul unui resort vom conaidera cauză (acţiune) forţa cu care resortul trage corpul (invers ca în răspunsul de mai sus).

c) $G = F_2 = F_1 = F_e = k \cdot \Delta l$;

$$m = \frac{k \cdot \Delta l}{g} = \frac{2000N/m \cdot 0,2m}{10N/kg} = 40kg$$

24. $k = \frac{G_1}{\Delta l_1} = 150N/m$; $k = \frac{G_1 + G_2}{\Delta l_2}$; *rezulta*: $m_2 = 600g$

25.a) $\Delta l_A = \frac{F}{k_A} = \frac{2N}{100N/m} = 0,02m = 2cm$

b) $\Delta l_B = \frac{\Delta l_A}{2} = 1cm$; $k_B = \frac{F}{\Delta l_B} = \frac{2N}{0,01m} = 200N/m$

c) $R_{AB} = F$ (jumătatea paralelogramului este triunghi echilateral). Cum:

$$F_c = R_{AB}.$$

Rezultă $F_c = 2N$.

$$k_c = \frac{F_{max}}{\Delta l_{max}} = \frac{5N}{0,1m} = 50N/m$$

$$\Delta l_c = \frac{F_c}{k_c} = \frac{2N}{50N/m} = 4cm$$

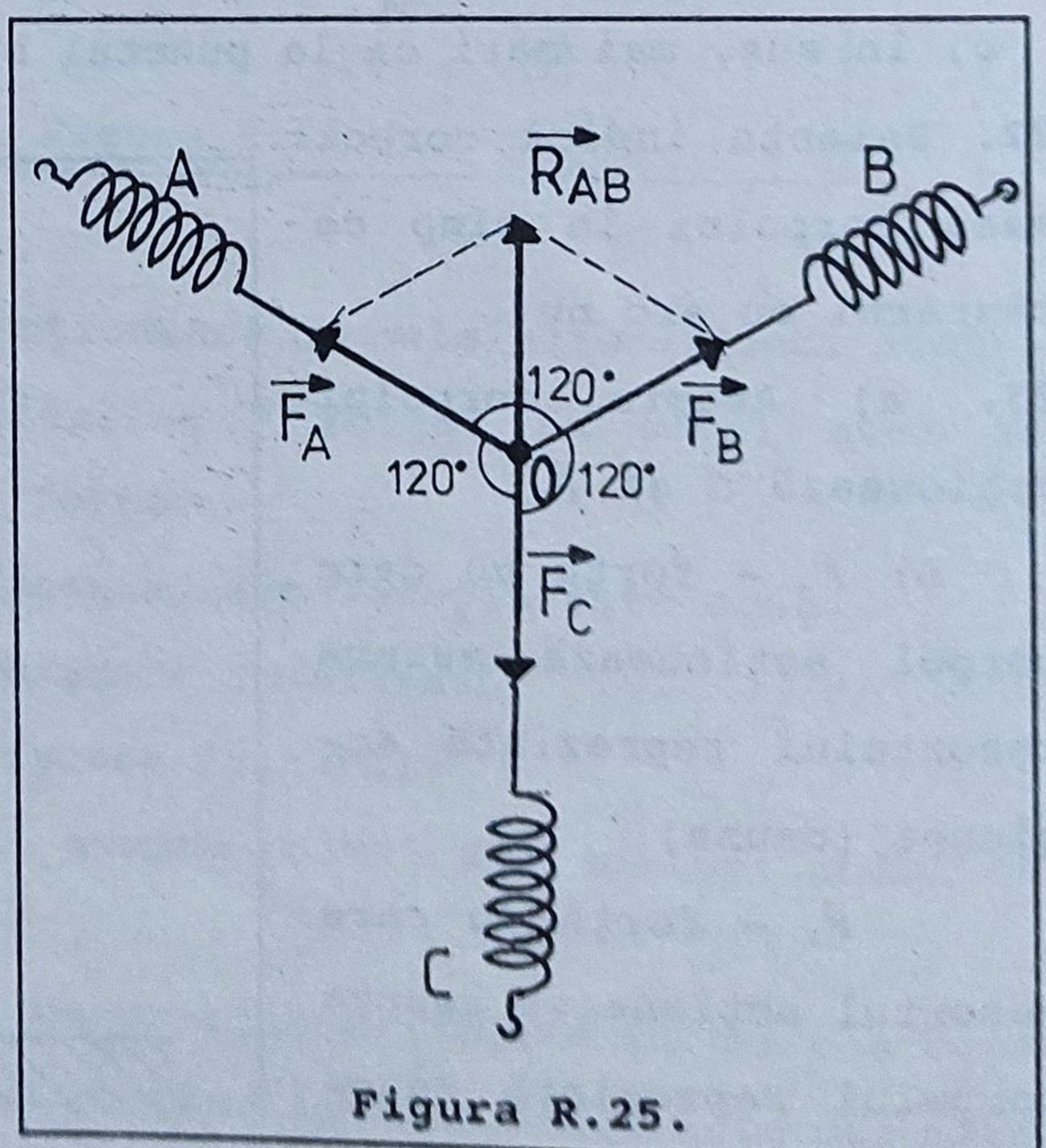


Figura R.25.

26. Urmăriţi figura R.26.

a) $F_{e1} = G_1 = 1N$; $F_{e2} = G_2 + F_{e1}' = 3N$;

$$\frac{\Delta l_1}{\Delta l_2} = \frac{F_{e1}/k}{F_{e2}/k} = \frac{F_{e1}}{F_{e2}} = \frac{1}{3}$$

b) $F_{e1} = F + G_1 =$

$= F+1N$; $F_{e2} = G_2+F_{e1}' =$

$= 3N + F$

$$\frac{\Delta l_1'}{\Delta l_2'} = \frac{F+1N}{F+3N} = \frac{1}{2}$$

Rezultă: F=1N

c) $N_3 = G + F_{e2}' =$

$= 3N + 4N = 7N.$

27. a) În momentul desprinderii $F_e = G$;

$\Delta l = v \cdot t = 10$ cm

$k\Delta l = mg$; $k =$

$= 1,5N/0,1m = 15$ N/m

b) $\Delta l' = v \cdot t' = 6$ cm

$F_e' = k\Delta l' = 0,9N$

$N = G - F_e' = 0,6N$

c) $F_e' = F_f$

Rezultă $F_f = k\Delta l' = 0,9N$.

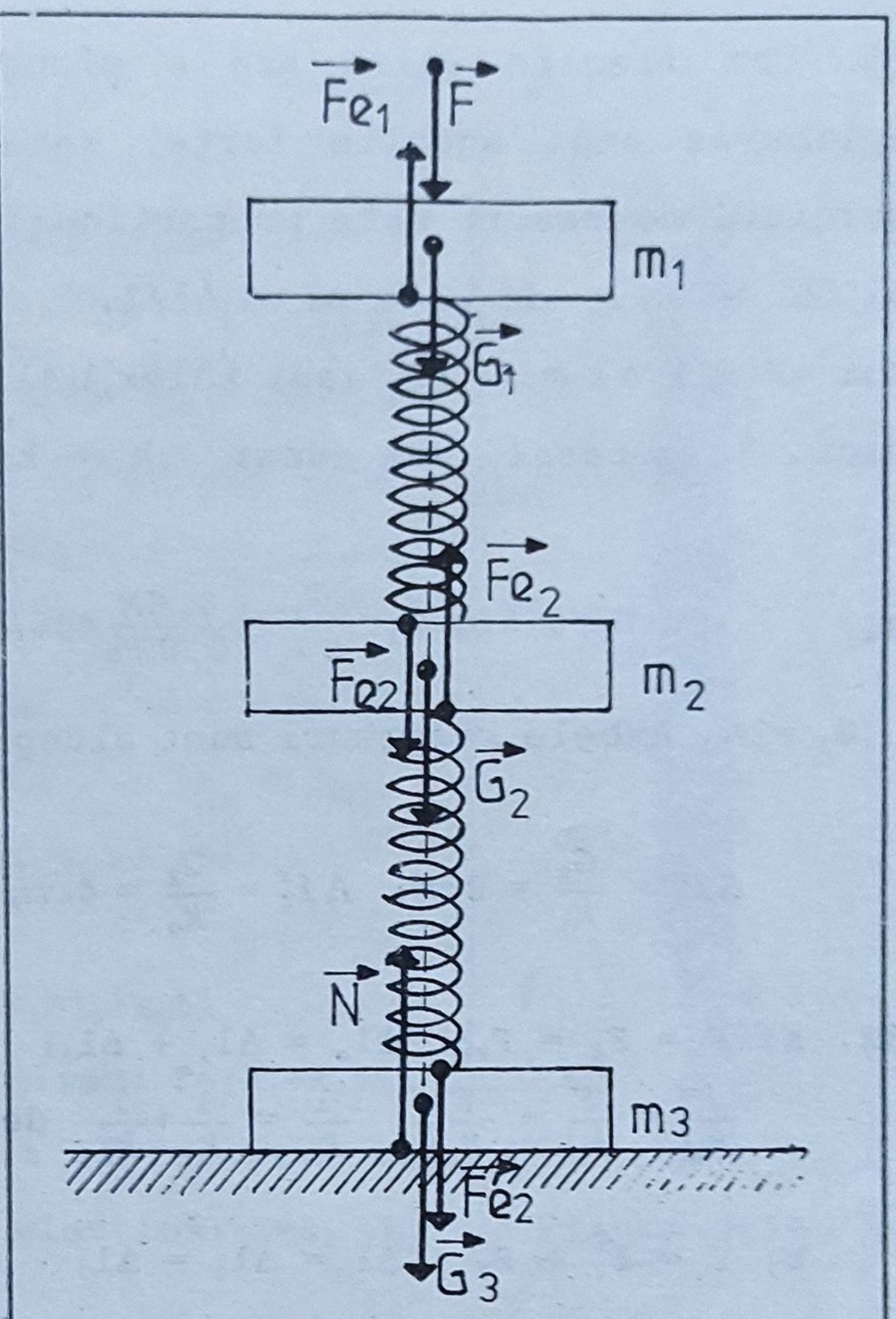


Figura R.26.

28. a) $k_1 = \frac{F_1}{\Delta l} = \frac{20N}{6cm}$; $k_2 = \frac{F_2}{\Delta l} = \frac{40N}{6cm}$; *Obținem:* $k_2 = 2 \cdot k_1$

b) Alungirile resorturilor, la aplicarea aceleiaşi forţe, sunt proporţionale cu lungimile iniţiale ale resorturilor:

$$\frac{l_1}{l_2} = \frac{\Delta l_1}{\Delta l_2} = \frac{F/k1}{F/k_2} = \frac{k_2}{k_1} = 2$$

29. Forţa aplicată resortului întreg este aceeaşi cu forţa care întinde fiecare jumătate.

Pentru resortul întreg: $F = k\Delta l$

Pentru jumătate de resort: $F = k\Delta l = k_1 \Delta l/2$. Rezultă: $k_1 = 2k$

30. Cum fiecare spiră are o alungire bine precizată la aplicarea unei anumite forţe, rezultă că alungirea unei porţiuni de resort este proporţională cu lungimea ei:

$\Delta l_1/\Delta l = l_1/l$; de unde $\Delta l_1 = l_1\Delta l/l$.

Cum $F = k\cdot\Delta l = k_1\cdot\Delta l_1$ sau: $k\Delta l = k_1 l_1\Delta l/l$ rezultă: $k_1 = k\cdot l/l_1$.

Deci, în general, vom avea: $k_n = k\cdot\Delta l/l_n$

31. $G_1 = 0,5N$; $k_1 = \frac{G_1}{\Delta l_1} = \frac{0,5N}{0,02m} = 25N/m$; $k_2 = \frac{G_1}{\Delta l_2} = 50N/m$

$G_2 = 2N$. Ambele resorturi sunt alungite de forţe egale cu G_2

$$\Delta l_1' = \frac{G_2}{k_1} = 8cm;\quad \Delta l_2' = \frac{G_2}{k_2} = 4cm;\quad \Delta l' = \Delta l_1' + \Delta l_2' = 12cm$$

32. a) $F = F_1 = F_2$; $\Delta l_a = \Delta l_1 + \Delta l_2$: Deci:

$$\frac{F}{k_a} = \frac{F}{k_1} + \frac{F}{k_2};\quad \frac{1}{k_a} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2}$$ de unde: $k_a = \frac{k_1\cdot k_2}{k_1 + k_2}$

b) $F = F_1 + F_2$; $\Delta l = \Delta l_1 = \Delta l_2$ deci:

$k_b\,\Delta l = k_1\,\Delta l + k_2\,\Delta l$ de unde obţinem:

$$k_b = k_1 + k_2$$

Încercaţi să generalizaţi soluţiile obţinute pentru un număr oarecare de resorturi legate în serie, respectiv în paralel.

33. Resortul iniţial se poate considera alcătuit din cele 6 părţi legate în serie.

$F_e = k\cdot\Delta l = k_1\cdot\Delta l_1' = k_1\cdot\Delta l/6$; Rezultă: $k_1 = 6\cdot k$

Fiecare resort suportă 1/6 din greutatea plăcii:

$F_e' = G/6 = m\cdot g/6 = k_1\cdot\Delta l_2$; $\Delta l_2 = m\cdot g/6k_1 = m\cdot g/36k =$

$$= \frac{360N}{36\cdot 1000N/m} = 1cm$$

34. În starea inițială $F_{e1} = F_{e2}$. Notând cu Δl_1 comprimarea primului resort și cu Δl_2 alungirea celui de al doilea, avem:

$$k_1 \cdot \Delta l_1 = k_2 \cdot \Delta l_2 \qquad (1)$$

Presupunem acum că acționăm cu o forță $\vec{F}$ asupra sistemului. Dacă alungirea acestuia Δl va fi proporțională cu forța deformatoare, atunci este posibil să echivalăm sistemul cu un singur resort. Din figură se observă că: $F + F_{e1} = F_{e2}$, unde $F_{e1} = k_1(\Delta l_1 - \Delta l)$ și $F_{e2} = k_2(\Delta l_2 + \Delta l)$.

Înlocuind obținem:

$F = F_{e2} - F_{e1} = k_2\Delta l_2 + k_2\Delta l - k_1\Delta l_1 + k_1\Delta l$

Utilizând relația (1) obținem: $F = (k_1 + k_2)\Delta l$ de unde tragem concluzia că resortul echivalent are constanta elastică: $k = k_1 + k_2$

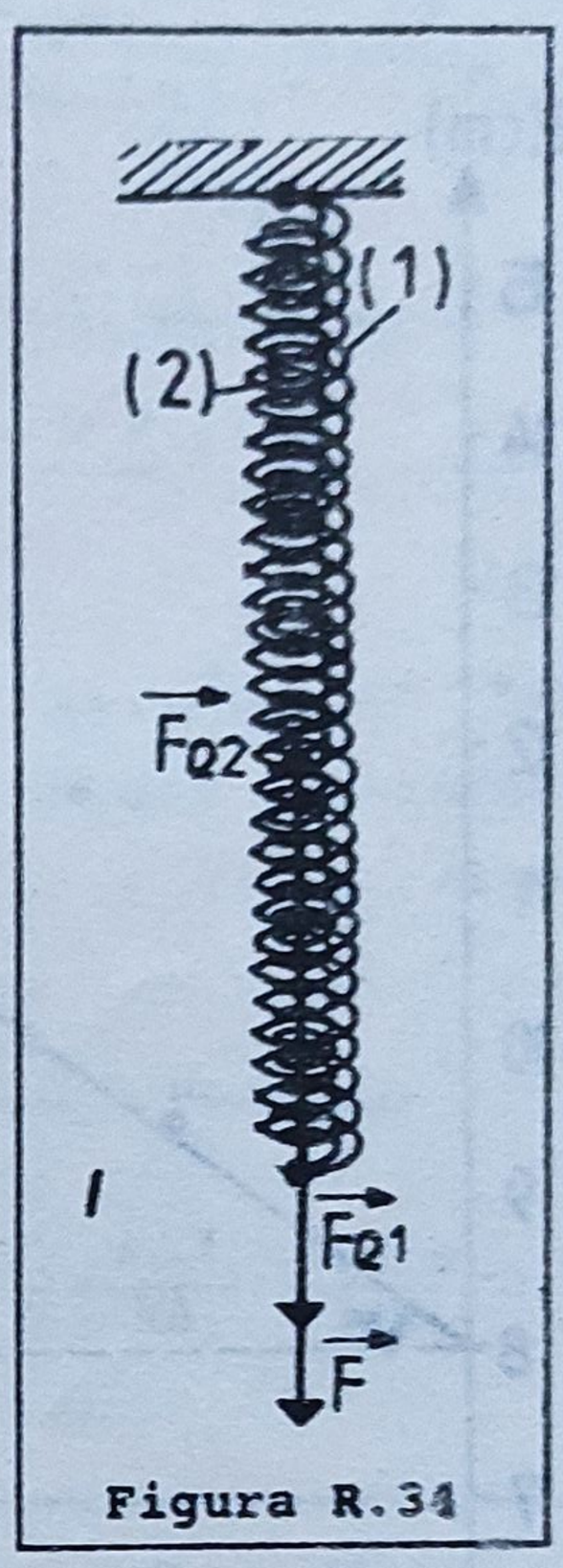


Figura R.34

35. Resortul al treilea are alungirea egală cu:

$\Delta l_3 = G_3/k_3 = m_3 \cdot g/k_3$; Asupra corpului de masă m_2 acționează în jos forțele $\vec{F}e_3$ și $\vec{G}_2$ iar în sus $\vec{F}e_2$. Deci putem scrie că:

$Fe_3 + G_2 = Fe_2$ de unde $m_3g + m_2g = k_2\Delta l_2$;

$\Delta l_2 = (m_2 + m_3) \cdot g/k_2$. Analog avem:

$Fe_1 = G_2 + Fe_2$; $\Delta l_1 = (m_1 + m_2 + m_3) \cdot g/k_1$. Alungirea totală este:

$$\Delta l = \Delta l_1 + \Delta l_2 + \Delta l_3 = g\left(\frac{m_1 + m_2 + m_3}{k_1} + \frac{m_2 + m_3}{k_2} + \frac{m_3}{k_3}\right)$$

36. Urmăriți figura R.36

Textul problemei conține, în detaliu, toate explicațiile ce sunt necesare înțelegerii acestei interesante probleme.

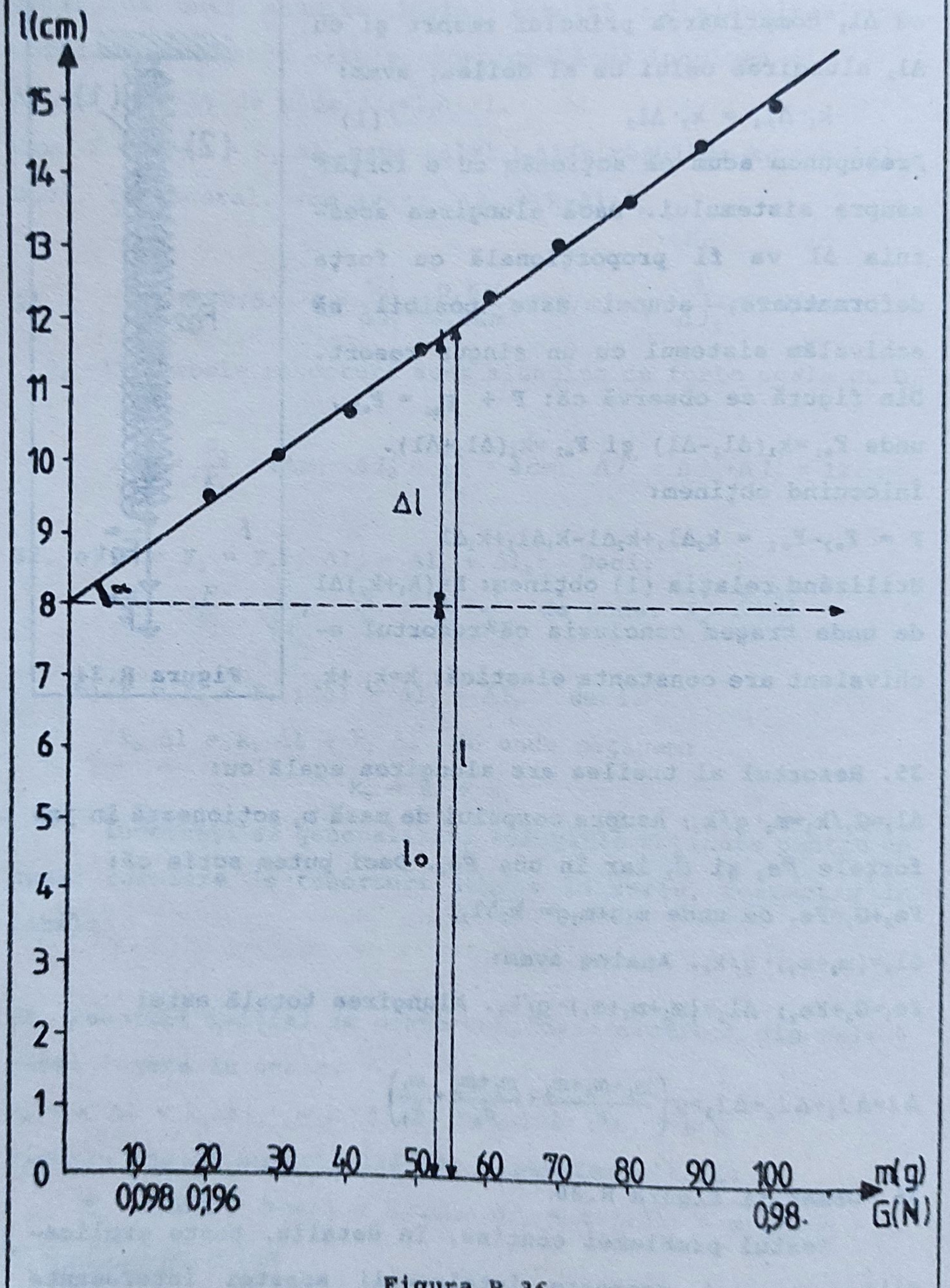

l(cm)
15
14
13
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
α
Δl
l
lo
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
m(g)
0,098
0,196
0,98.
G(N)

Figura R.36.

37. a) Există, acţionează asupra celuilalt corp.

b) Dăm un exemplu: lădiţa 1, aşezată pe o platformă 2, este trasă cu ajutorul forţei $\vec{F}$. La suprafaţa de contact (figura R.37) apar forţele de frecare $\vec{F}_{f1}$ şi $\vec{F}_{f2}$ (de tip acţiune-reacţiune). Forţa $\vec{F}_{f2}$ acţionează asupra platformei determinând deplasarea acesteia.

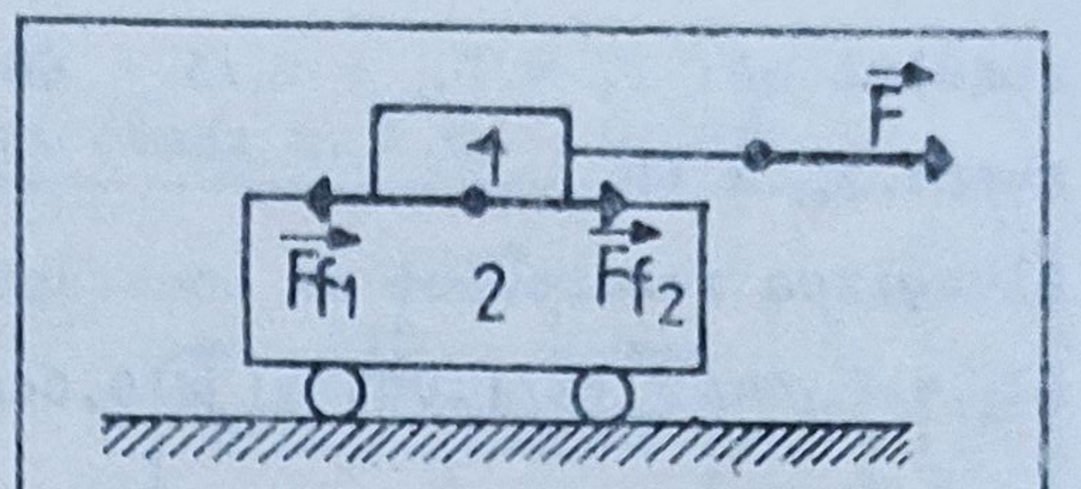


Figura R.37.

38. a) $F_f > F$; b) $\mu_{fibre} < \mu_{cînepă}$; c) $\mu_{radieră\text{-}hârtie} > \mu_{hârtie\text{-}masă}$

39. $F_{e1} = k\Delta l_1 = F_f$; $F_{e2} = k\Delta l_2 = G$; $N = G$; $\mu = \frac{F_f}{N} = \frac{k\Delta l_1}{k\Delta_2} = \frac{1,6\,cm}{8\,cm} = 0,2$

40. Se deduc forţele necunoscute analizând fiecare din corpuri, dinspre ultimul spre primul tractat. Precizăm că ne vom ocupa numai de forţele care acţionează pe direcţia deplasării.

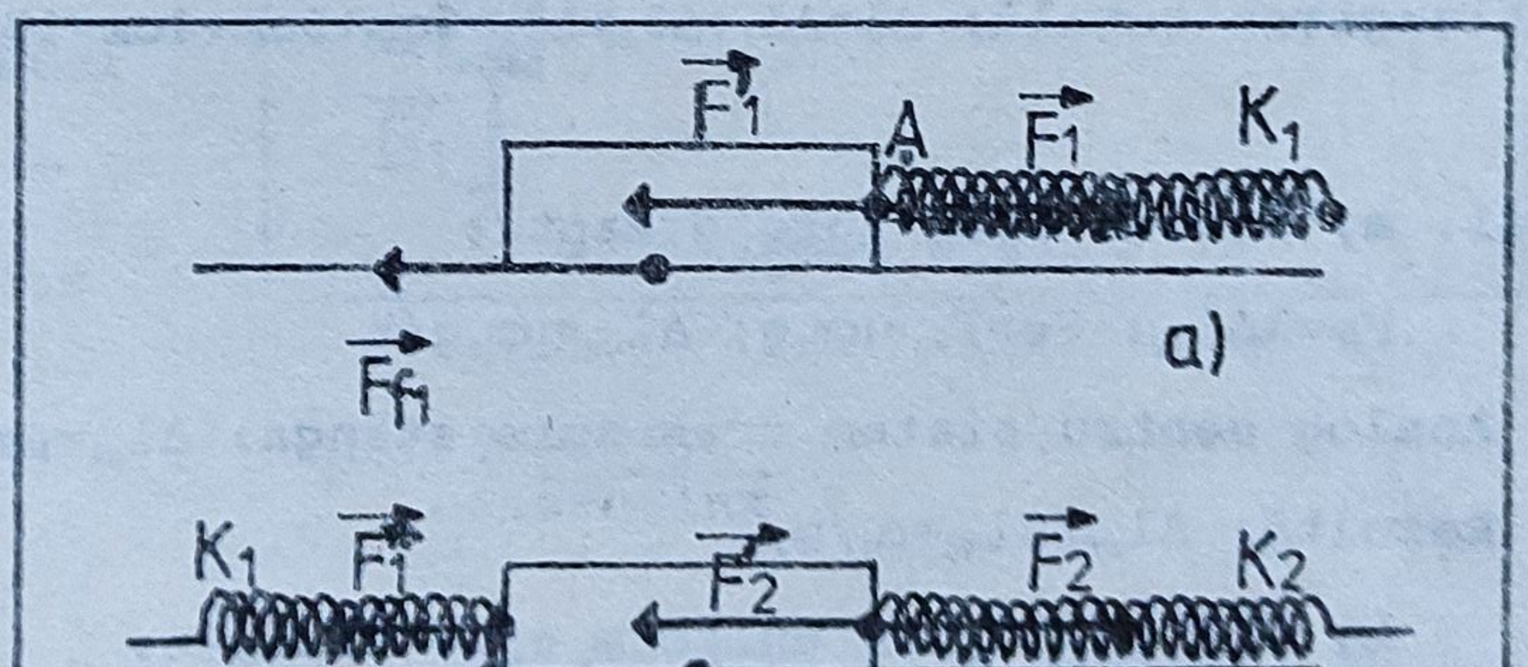


Figura R.40.

Corpul de masă m_1 : În punctul A apar două forţe acţiune-reacţiune $\vec{F}_1$ şi $\vec{F}_1'$. Forţa $\vec{F}_1$ este forţa cu care resortul acţionează asupra corpului m_1. Mişcarea fiind uniformă,

rezultă că: $F_1 = F_{f1} = G_1/5 = 6N$. Cum: $F_{e1} = F_1'$ şi $F_1' = F_1$ avem: $F_{e1} = 6N$.

Alungirea resortului de constantă elastică k_1 va fi:

$\Delta l_1 = F_{e1}/k_1 = 6N/(100N/m) = 0,06m = 6cm$

Corpul de masă m_2: Asupra sa acţionează forţele $\vec{F}_2$ şi $\vec{F}_{f2}$ cu aceeaşi semnificaţie ca şi în cazul corpului m_1 şi forţa $\vec{F}_1''$ care reprezintă acţiunea resortului k_1. Cum $F_1'' = F_{e1} = 6N$ şi mişcarea este uniformă, rezultă: $F_2 = F_{f2} + F_1'' = G_2/5 + F_{e1} = 4N + 6N = 10N$; $F_{e2} = F_2 = k_2 \Delta l_2$. Obţinem alungirea resortului de constantă k_2: $\Delta l_2 = \frac{F_{e2}}{k_2} = \frac{10N}{200N/m} = 5cm$

Pentru corpul de masă m_3 se tratează ca la cel cu masa m_2:

$$F_t = F_2'' + F_{f3} = F_2 + G_3/5 = 10N + 2N = 12N$$

$$\Delta l_3 = \frac{F_{e3}}{k_3} = \frac{12N}{300N/m} = 0,04m = 4cm$$

Alungirea totală: $\Delta l = \Delta l_1 + \Delta l_2 + \Delta l_3 = 6cm + 5cm + 4cm = 15cm$.

41. a) Sistem tras spre dreapta:

$Fe = k\Delta l_{dr}$; $Fe = F_{f1} = \mu m_1 g$; $\Delta l_{dr} = \mu m_1 g/k$

Analog pentru sistem tras spre stânga: $\Delta l_{st} = \mu m_2 g/k$;

Rezultă: $\Delta l_{dr}/\Delta l_{st} = m_1/m_2$

b) Sistem împins uniform spre dreapta:

$Fe' = k\Delta l_{dr}'$; $Fe' = F_{f2} = \mu m_2 g$; $\Delta l_{dr}' = \mu m_2 g/k$;

Pentru sistem împins spre stânga obţinem: $\Delta l_{st}' = \mu m_1 g/k$:

Rezultă: $\Delta l_{dr}'/\Delta l_{st}' = m_2/m_1$

c) $\mu_1 m_1 g = \mu_2 m_2 g$. Rezultă: $\mu_1/\mu_2 = m_2/m_1$

42. a) Sistemul nu se deplasează spre dreapta dacă:

$G_2 < F_f + G_1$ sau: $m_2 g < 0,01Mg + m_1 g$ de unde obţinem: $m_2 < 0,01M + m_1$

Sistemul nu se deplasează spre stânga dacă: $G_1 < F + G_2$

sau: $m_1 g < 0,01\ Mg + m_2 g^2$ deci când: $m_2 > m_1 - 0,01M$

Concluzionăm că sistemul este în echilibru dacă:

$m_1 - 0,01N < m_2 < m_1 + 0,01M$

b) Descompunem $\vec{F}$ în componenta orizontală $\vec{F}_1$ (care realizează tracţiunea) şi componenta verticală $\vec{F}_2$ (care micşorează apăsarea pe planul orizontal).

$F_t = \mu N = \mu(G - F_2) =$

$= \mu(Mg - F \sin\alpha)$

$F_1 = F_t + G_1$. Deci avem: $F\cos\alpha =$

$= \mu(Mg - F\sin\alpha) + m_1 g$

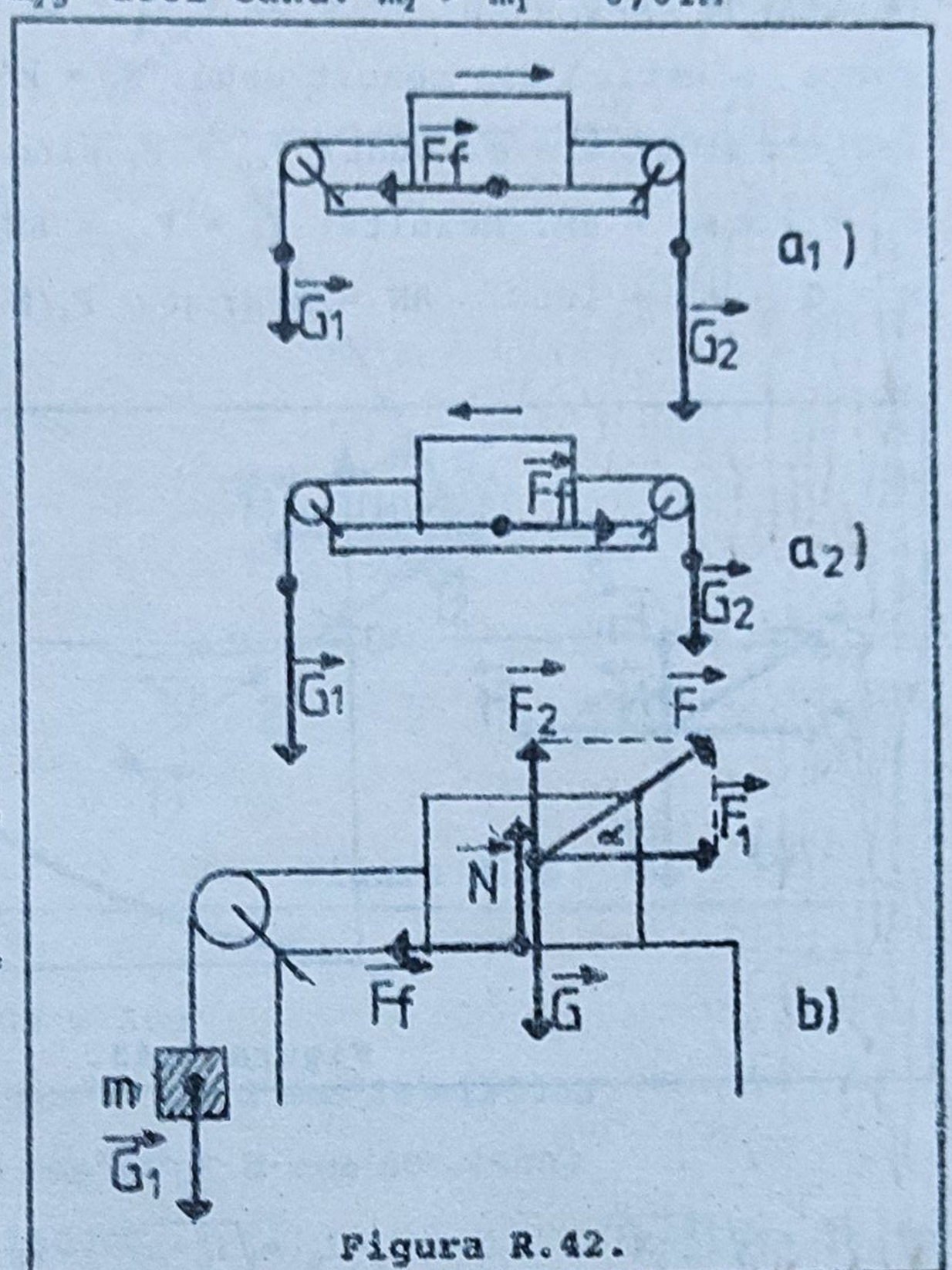


Figura R.42.

$$F = \frac{g(\mu M + m_1)}{\cos\alpha + \mu\sin\alpha}$$

43. În punctul B asupra corpului acţionează forţele: $\vec{F}_e$ (ca forţa de tracţiune!), $\vec{F}_1$ - din partea resortului, $\vec{G}$ şi $\vec{N}$. Descompunem $\vec{F}_1$ în componentele $\vec{F}_{1v}$ (verticală) şi $\vec{F}_{1o}$ (orizontală).

Pe orizontală: $F_t = F_{1o}$ iar pe verticală: $N + F_{1v} = G$

În triunghiul AOB, unghiul AOB = α. Avem: $OA = l_o = 0,4m$;

$AB = x = 0,3m$.

Aplicând teorema lui Pitagora obţinem: $OB = l_1 = 0,5m$ astfel că rezultă: $\sin\alpha = x/l_1 = 0,3m/0,5m = 0,6$; $\cos\alpha = l_o/l_1 = 0,8$.

Alungirea resortului este $\Delta l = l_1 - l_0 = 0,5m - 0,4m = 0,1m$.
Forţa elastică din resort este: $F_1 = k\Delta l = 100N/m \cdot 0,1m = 10N$
iar componentele ei sunt: $F_{1o} = F_1 \sin\alpha = 10N \cdot 0,6 = 6N$ şi
$F_{1v} = F\cos\alpha = 8N$. Rezultă: $F_f = F_{1o} = 6N$;
$N = G - F_{1v} = 100N - 8N = 92N$; $\mu = F_f/N = 6/92 = 0,065$

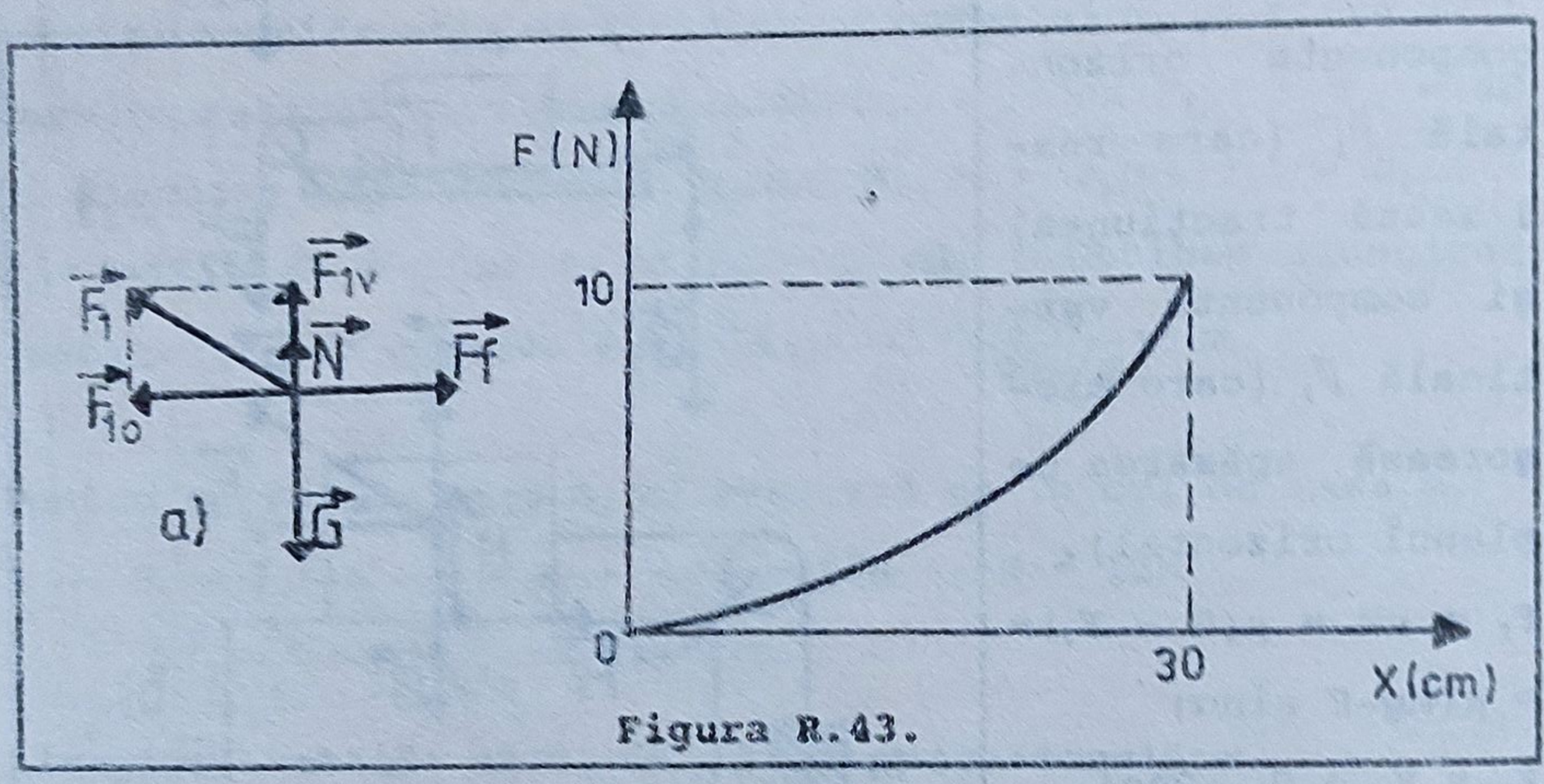


Figura R.43.

c) $l_1' = \sqrt{l_0^2+x^2}$; $\Delta l = l_1' - l_0 = \sqrt{l_0^2+x^2} - l_0$;
$F_e = k\Delta l = 100\cdot(\sqrt{0,16+x^2}-0,4)N$ cu $[\ x\ ]_{SI} = m$
Daţi lui x câteva valori convenabil alese (de exemplu 0; 0,05; 0,1; 0,15; 0,2; 0,25 şi 0,3m); obţineţi astfel valorile forţei F_e pe care le puteţi folosi pentru alcătuirea graficului (figura R.43.c)

Lucru mecanic. Putere mecanică. Randament

44. Rezolvaţi singuri!

45. a) Notăm cu $\vec{T}_1$ şi $\vec{T}_2$ tensiunile în cele două fire şi cu $\vec{R}$ rezultanta lor. Avem: $T_1 = R\cdot\cos60 = 0,5R$ şi $T_2 = R\cdot\cos30 = 0,86R$; Rezultă: $T_2 > T_1$, deci (2) este tatăl şi (1) fiul.

b) Cu cât viteza apei este mai mare, cu atât forţa cu care apa antrenează barca este mai mare. Viteza de curgere a râului creşte dinspre maluri spre mijlocul său.

c) Deplasările tatălui şi fiului sunt aceleaşi cu ale bărcii:

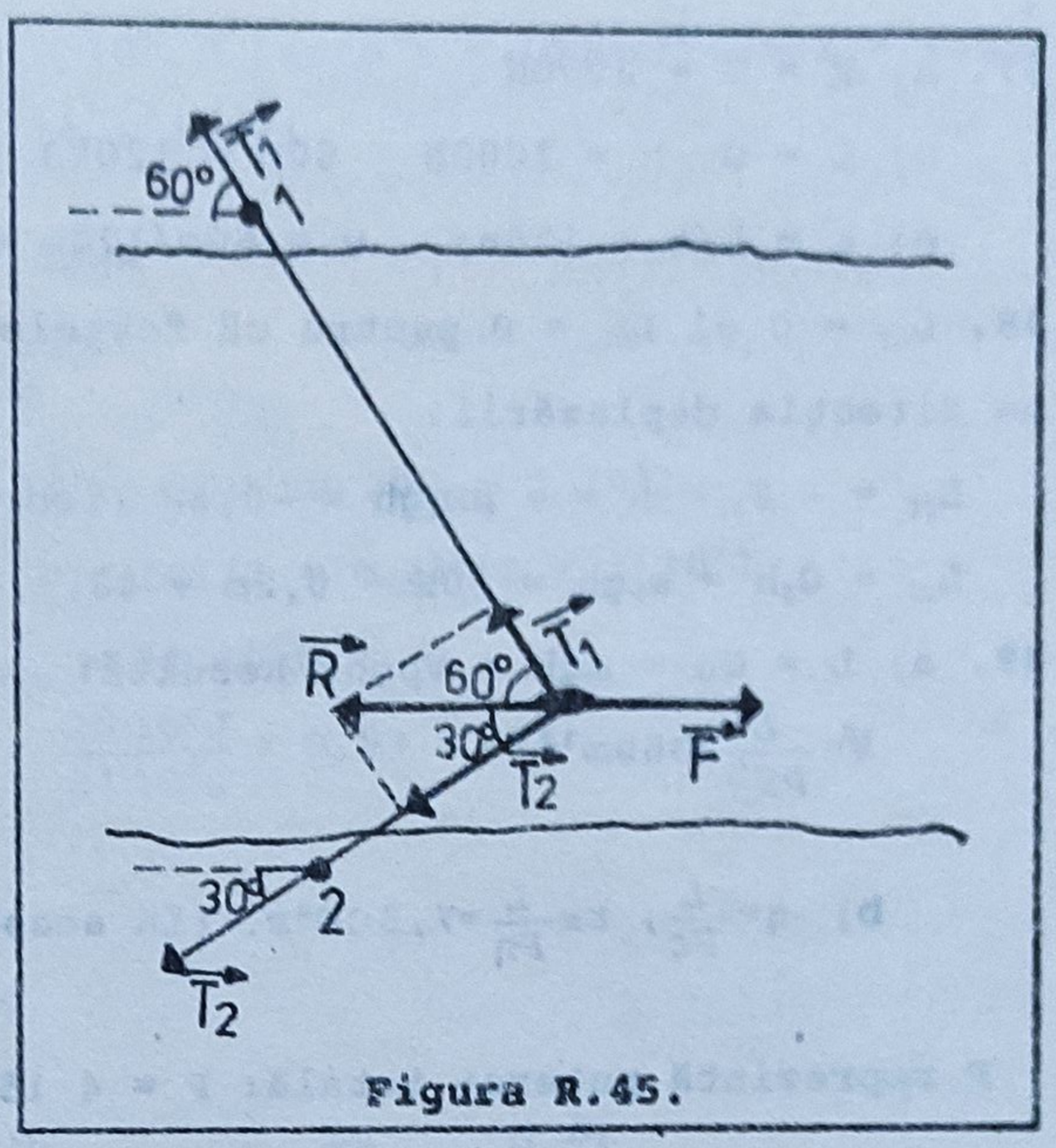


Figura R.45.

$d = v_{barcă} \cdot t = 0,5m/s \cdot 60s = 30m$

$L_{tată} = T_2 \cdot d \cdot \cos 30° = R \cdot d \cdot \cos^2 30° = F \cdot d \cdot \cos^2 30° = 13500J$

$L_{fiu} = T_1 \cdot d \cdot \cos 60° = R \cdot d \cdot \cos^2 60° = F \cdot d \cdot \cos^2 60° = 4500J$

$L_F = F \cdot d \cdot \cos 180° = -18000J$

Observăm că: $L_{tată}+L_{fiu}+L_F=0$; Relaţia nu este întâmplătore, căci rezultanta forţelor $\vec{T}_1, \vec{T}_2$ şi $\vec{F}$ este nulă, iar lucrul mecanic al forţei rezultante este egal cu suma lucrurilor forţelor componente.

46. a) $v = \Delta x/\Delta t = 36km/50min = 43,2\ km/h$

b) $G = 100N$; $F_t = \frac{15}{100}G = 150N$. Mişcarea fiind uniformă, forţa de tracţiune echilibrează forţa de frecare: $F_t = F_f = 150N$

$L = F_t \cdot \Delta x = 150N \cdot 36000m = 5,4\ MJ.$

c) $P = \frac{L}{t} = \frac{5400000J}{50 \cdot 60s} = 1,8kW$

47. a) $F = G = 2000N$

b) $L = G \cdot h = 2000N \cdot 60m = 120kJ$

c) $t = L/t = 120s$; $v = 60m/120s = 0,5m/s$

48. $L_{G1} = 0$ şi $L_{N1} = 0$ pentru că forţele sunt perpendiculare pe direcţia deplasării.

$L_{Ff} = - F_f \cdot h = - \mu m_1 gh = -0,6J$ (lucru mecanic rezistent)

$L_{G2} = G_2 h = m_2 gh = 20N \cdot 0,2m = 4J.$

49. a) $L = Gh = mgh = V\rho gh$; Rezultă:

$$V = \frac{L}{\rho gh} = 360m^3$$

b) $\eta = \frac{L}{Pt}$; $t = \frac{L}{P\eta} = 7,5 \cdot 10^4 s$. (în aceste relaţii

P reprezintă puterea totală: $P = 4 \cdot 150W = 600W$)

50. Pentru $\Delta l = 10cm$ cele două forţe elastice au valorile:

$F_1 = k_1 \Delta l = 33,3N$

$F_2 = k_2 \Delta l = 66,6N$

Lucrul mecanic este egal cu aria haşurată (atenţie, forţa nu este constantă!):

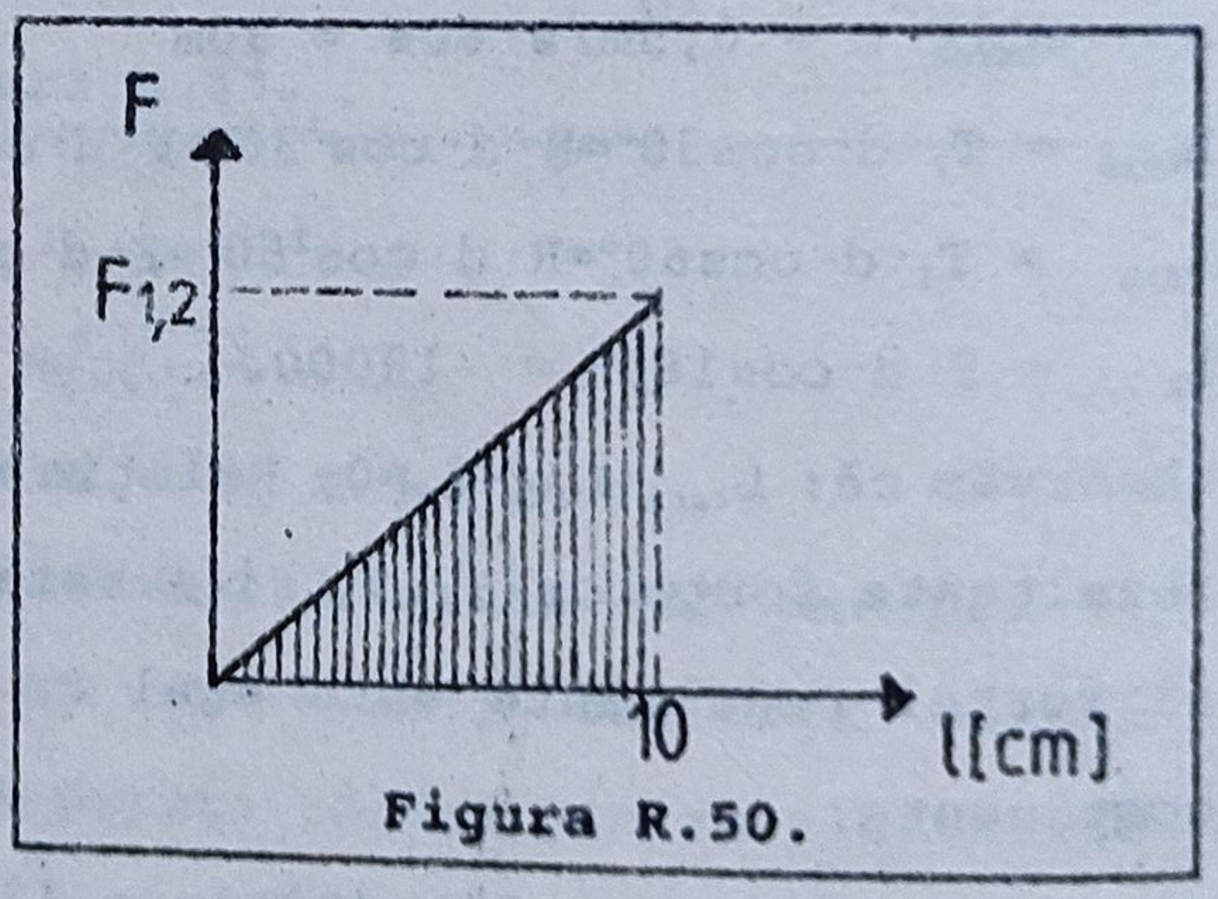


Figura R.50.

$$L_1 = \frac{F_1 \cdot \Delta l}{2} = \frac{3,3J}{2} = 1,66J \text{ şi } L_2 = \frac{6,66}{2} = 3,33J$$

51. Lucrul mecanic cerut este egal cu aria cuprinsă între grafic şi axa abscisei. În urma calculului se obţine:

$L = 1,05 J \sim 2,9 \cdot 10^{-5} kWh$

52. a) $L_1 = P_c \cdot t = 48 \cdot 10^7$ J (unde t = 100km/90km/h = 4000s)

$m = \frac{L_1}{L}$; $V = \frac{m}{\rho}$ = 14,6 litri

b) $P_u = \eta \cdot P_c$ = 58kW

c) $F_t = \frac{P_u}{v}$ = 2320N

53. a) $L_{corp} = Mgl = 10^3 kg \cdot 10N/kg \cdot 20m = 2 \cdot 10^5 J$

$L_{cablu} = mgl/2 = m_o lgl/2 = m_o gl^2/2 = 4 \cdot 10^5 J$

$L = L_{corp} + L_{cablu} = 24 \cdot 10^4 J$

b) $\eta = \frac{L_u}{L_c} = \frac{L_{corp}}{L} = \frac{20 \cdot 10^4 J}{24 \cdot 10^4 J} = 0,83 = 83\%$

Mecanisme simple

54. $\eta = \frac{R \cdot d_R}{F \cdot d_F} = \frac{R}{F} \cdot \frac{b_R}{b_F}$; $F = R \frac{b_R}{b_F \cdot \eta} = \frac{G}{\eta} \cdot \frac{b_R}{b_F}$

Pentru η = 100% = 1 avem: F = 225N

Pentru η = 90% = 0,9 avem: F = 250N.

55. Să calculăm greutăţile totale puse pe fiecare taler :

$V_1 = L_1 \cdot l_1 \cdot h_1 = 480cm^3$; $m_{apă} = V_1 \rho_{apă} = 0,48kg$; $G_{apă} = 4,8N$

$V_2 = L_2 \cdot l_2 \cdot h_2 = 600cm^3$; $m_{alcool} = V_2 \rho_{alcool} = 0,48kg$; $G_{alcool} = 4,8N$

$G_{1total} = G_1 + G_{apă} = 7,8N$; $G_{2total} = G_2 + G_{alcool} = 8,8N$

Braţele fiind egale, trebuie ca greutăţile puse pe talere să fie egale. Deci pe primul taler vom pune:

$G = G_{2total} - G_{1total} = 1N$; deci: $m = G/g = 100g$

56. Rezolvarea propusă nu face apel la condiţia de echilibru în raport cu mişcarea de rotaţie a corpului solid rigid.

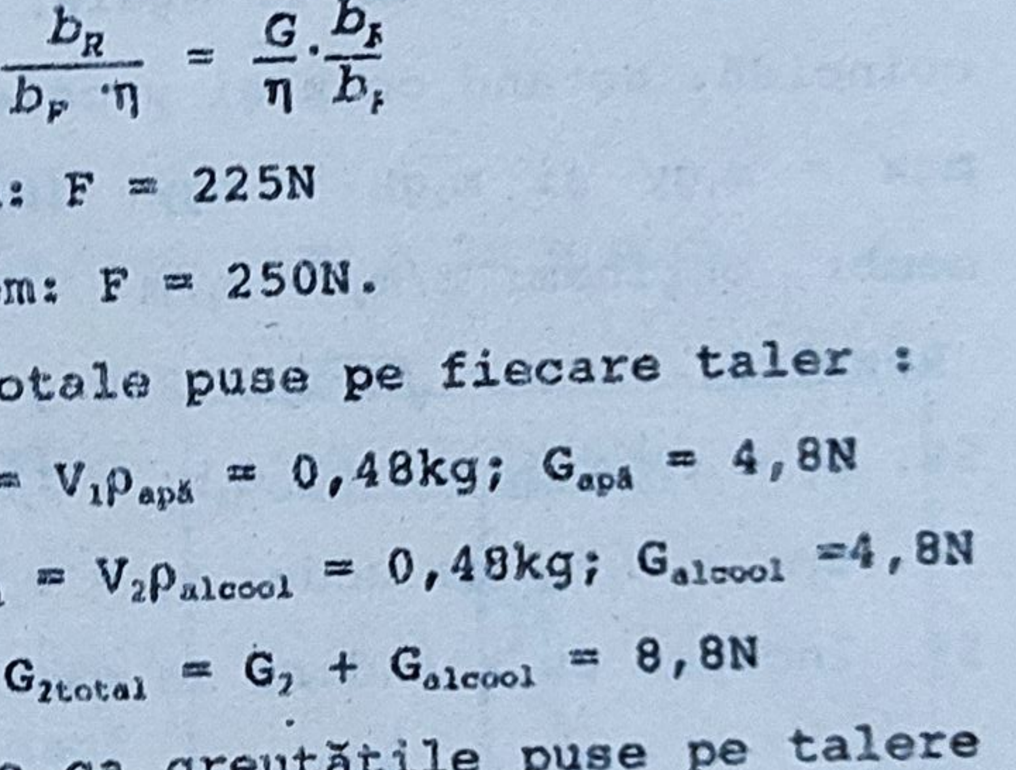


Figura R.56.

a) Considerăm forţa F' alcătuită din două forţe

coliniare $\vec{F}_1$ care echilibrează rezistenţa $\vec{R}$ şi $\vec{F}_2$ care echilibrează greutatea pârghiei $\vec{G}$: $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$.

Să calculăm valorile forţelor F_1 şi F_2.

Avem: $R \cdot OB = F_1 \cdot OA$ şi $G \cdot OC = F_2 \cdot OA$. Adunând ultimele relaţii membru cu membru, obţinem:

$$R \cdot OB + G \cdot OC = (F_1 + F_2) \cdot OA; \quad \text{sau:}$$

$$R \cdot OB + G \cdot OC = F \cdot OA; \quad \text{de aici rezultă:}$$

$$F = \frac{R \cdot OB + G \cdot OC}{OA}; \quad F = 343N$$

b) $L_c = F \cdot h = 257J$; $P = L_c/t = 86W$

c) $\eta = L_u/L_c$; $L_u = R \cdot BB'$;

Din asemănarea $\Delta OBB'$ cu $\Delta OAA'$, rezultă:

$BB' = AA'(OB/OA) = 0,21m$; $L_u = 182,7J$; $\eta = 70,8\%$.

57. Dacă braţele ar fi egale, cele două mase ar trebui să coincidă. Notând cu x şi y cele două braţe, avem:

$mgx = m_1gy$ şi $m_2gx = mgy$. Împărţind relaţiile membru cu membru obţinem: $m/m_2 = m_1/m$

Rezultă: $m = \sqrt{m_1 \cdot m_2} = 200\ g$

58. $b_1 = v_1t$; $b_2 = v_2t$; $G_1b_1 = G_2b_2$. Rezultă:

$G_1v_1 = G_2v_2$, de unde: $v_2 = v_1 \cdot (G_1/G_2) = 80cm/s$.

59. Începem cu scândura de masă m_4 (figura R.59.a.)

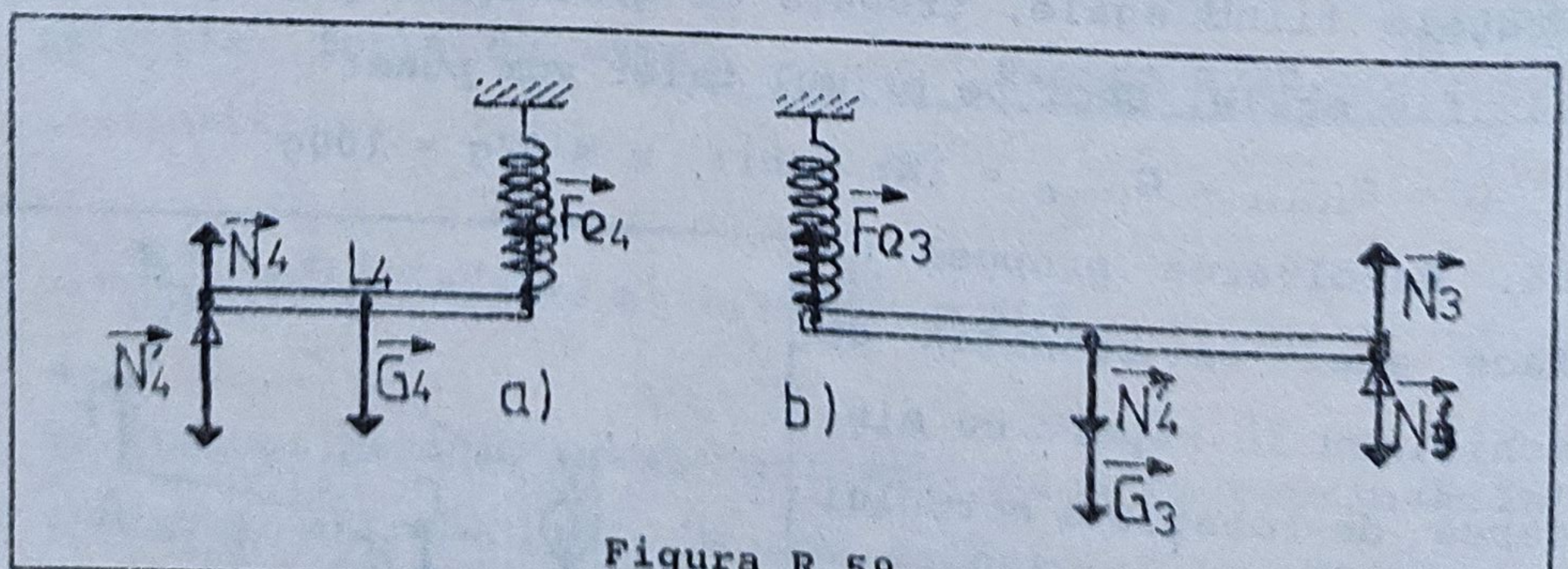


Figura R.59.

$Fe_4 \cdot L_4 = G_4 \cdot L_4/2$; $Fe_4 = G_4/2$; $G_4 = Fe_4 + N_4$ şi deci:

$N_4 = G_4/2$; $\Delta l_4 = Fe_4/k = m_4g/2k = m_1g/16k$.

Pentru scândura de masă m_3 avem:

$Fe_3 \cdot L_3 = (N_4' + G_3)L_3/2$; $Fe_3 = m_3g/2 + m_4g/4 = 5m_1g/32$. Rezultă:

$\Delta l_3 = F_{e3}/k = 5m_1g/32k$ şi $N_3 = N_3' = (G_3' + N_4') - Fe_3 = 5m_1g/32$.

Analog, pentru scândurile de masă m_2 şi m_1, se obţine :

$\Delta l_2 = 21m_1g/64k$ şi $\Delta l_1 = 85m_1g/128k$

60. Găleata plină are greutatea $G = g(m+\rho V) = 110N$.

Diametrul AOB se comportă ca o pârghie: $G \cdot AO = F \cdot OB$.

Rezultă: $F = G \cdot (AO/OB) = 12,1N$.

61. $G = 2(2F)$; $G/F = 4$. Când corpul este ridicat pe o înălţime x, punctul de aplicaţie al forţei F avansează cu 4x. Deci : $G \cdot x = F \cdot 4x$, adică: $L_G = L_F$.

62. a) $F = kx$; $x = F/k = 0,1m$.

b) $F = R/2 = kx/2$; $x = 0,2m$; $x_1 = 2x = 0,4m$.

63. Dinamometrele indică tensiunile din firele pe care sunt intercalate. Întrucât $m_2 > m_1$, echilibrul se poate stabili numai dacă corpul de masă m_2 se aşează pe suprafaţa orizontală, deci asupra acestui corp acţionează o forţă de reacţiune $\vec{N}$ din partea acestei suprafeţe. Pentru corpul 1 avem: $G_1 = T_2$ iar pentru scripete: $T_1 = 2T_2$. Deci: $T_2 = 20N$, $T_1 = 40N$. Ca aplicaţie putem calcula şi

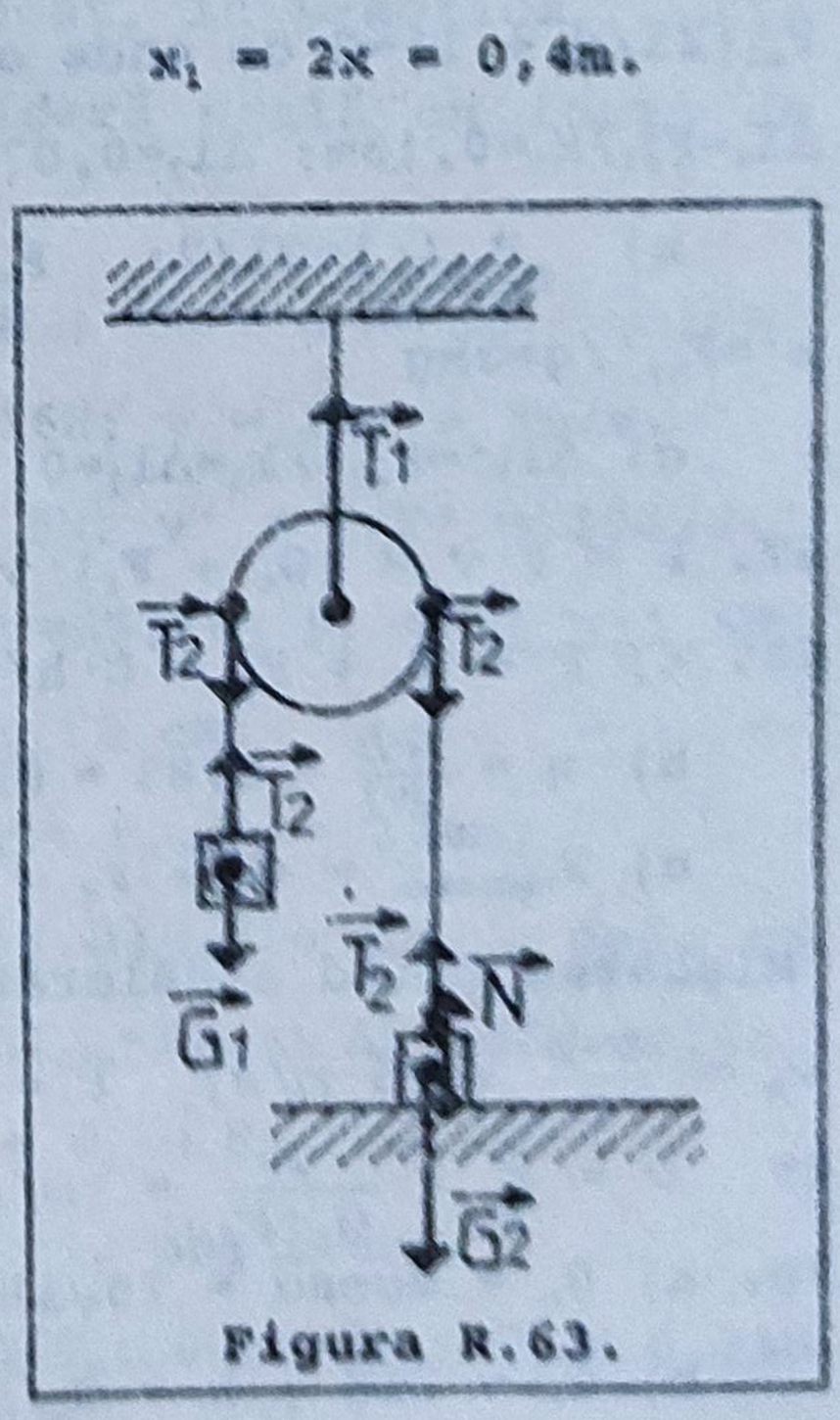


Figura R.63.

valoarea forţei de reacţiune $N: T_2+N=G_2$ de unde rezultă: $N=30N$.

64. a) $F_e=k\cdot\Delta l$; $R=G-F_n$; $F_e=R$. Rezultă: $F_n=0,5N$

b) $N=G+F_n'$ ($F_n'=F_n$ ca pereche acţiune-reacţiune); $N=1,5N$

c) $mg=F_e$; $m=50g$

d) Forţele magnetice îşi schimbă sensul.

$R=G+F_n=1,5N$

$F_e'=R=1,5N$. Rezultă: $m'=150g$

$N=G-F_n'=0,5N$

65. $\eta_1=\frac{G\cdot h}{F\cdot h}=\frac{G}{F}$; $\eta_2=\frac{G\cdot h}{F\cdot 2h}=\frac{G}{2F}$ Rezultă: $\eta_1=2\eta_2$

66. a) Pentru corpul de masă m: $N+F_{e1}=G$;

Pentru pârghie: $N'd=F_{e3}\cdot l$ (N şiN' apar la interacţiunea dintre corp şi pârghie).

Pentru scripeţi: $F_{e1}=F_{e2}=F_{e3}/2$;

Rezultă: $N+F_{e1}=G$; $N=N'=F_{e3}\cdot l/d = 2\cdot F_{e1}\cdot l/d$; deci:

$F_{e1}(2l/d + 1)=G$ de unde obţinem: $F_{e1}=30N$; $F_{e2}=30N$; $F_{e3}=60N$ şi: $\Delta l_1=F_{e1}/k_1=0,15m$; $\Delta l_2=0,075m$; $\Delta l_3=0,1m$

b) $F_{e3}'\cdot l=Gl/2$; $F_{e3}=G/2=60N$; $F_{e1}'=F_{e2}'=30N$; $G'=F_{e1}'$; $m'=F_{e1}'/g=3kg$

c) $\Delta l_1'=F_{e1}'/k_1=\Delta l_1=0,15m$; $\Delta l_2'=\Delta l_2=0,075m$; $\Delta l_3'=\Delta l_3=0,1m$

67. $P = F\cdot v = (G_t + F_f)\cdot v = (mg\cdot\sin\alpha+2/100\cdot mg)\cdot v = =7,8kW.$

68. a) $F = G_t + F_f = G\cdot h/l + F_f$; $F_f = F - G\cdot 4/l = 10N.$

b) $\eta=\frac{G\cdot h}{F\cdot l}=0,83=83\%$

c) $F_{coborâre} = G_t - F_f = 40N.$

Mişcarea fiind accelerată vom lua o viteză medie:

$v_m=\frac{v+0}{2}=\sqrt{5}\ m/s$; $t=\frac{l}{v_m}=\frac{2}{\sqrt{5}}\ s$

69. $v=\frac{P}{F}=\frac{P}{G_t+F_f}=1m/s$; $l=v\cdot t=80m$

70. a) $G_n = G\cos\alpha = 25\sqrt{3}N$;

b) $G_t = 25N$; $k = G_t/\Delta l = 1250\ N/m.$

c) $F = G_t$; corpul este în repaus pe plan; forţa de frecare statică este nulă.

d) Forţa care urcă uniform corpul pe plan este:

$F' = G_t + F_f = 28N$; $\eta = \frac{Gh}{Fl} = \frac{G\sin\alpha}{F} = \frac{25}{28} \approx 89\%$

71. a) $F_f = (30/100)\ mg = 6N$; $F_e = F_f = k\Delta l$, $k = 300$ N/m.

b) $G_t = 10N$; $\eta = \frac{Gh}{Fl} = \frac{G_t}{G_t + F_f}$; $F_f = 2,5$ N;

După cum corpul urcă sau coboară uniform avem:

$F_{e1} = G_t + F_f = 12,5N$; $\Delta l_1 = 4,16cm$

$F_{e2} = G_t - F_f = 7,5N$; $\Delta l_2 = 2,5$ cm.

72. a) Observăm că: $F_1 = G_t + F_f$ şi $F_2 = G_t - F_f$

Din cele două relaţii rezultă:

$G_t = \frac{F_1 + F_2}{2}$; $mg\sin\alpha = \frac{F_1 + F_2}{2}$; $m = 14,7kg$.

b) $F_f = 24,5$ N.

c) $\eta = \frac{G_t}{F_1} = \frac{F_1 + F_2}{2F_1} = 75\%$

73. $F_2 = G_t + F_f$; $G_t = 9N$; $F_1 = G_t - F_f$; $F_f = 1N$

Rezultatul este acelaşi întrucât, în practică, forţa de frecare statică maximă se consideră egală cu forţa de frecare de alunecare.

74. a) $G = 20N$; $G_t = G \cdot h/l = 12N$; $G_n = G \cdot \frac{\sqrt{l^2 - h^2}}{l} = 16N$

b) $\eta = Gh/Fl = G_t/F$ rezultă: $F = 16N$; $v = P/F = 5m/s$.

c) $F_f = F - G_t = 4N$; $F' = G_t - F_f = 8N$; $v' = P/F' = 10m/s$.

75. a) $G_t = 50N$; $\eta = G_t/F$; rezultă: $F = 62,5N$; $F_f = F - G_t = 12,5N$.

b) $F_{max} = 62,5N$; $\Delta l_{max} = F_{max}/k = 50$ cm

$F_{min} = G_t - F_f = 37,5N$; $\Delta l_{min} = F_{min}/k = 30cm$;

c) Resortul se alungeşte de la Δl_{min} la Δl_{max}, ceea ce corespunde unei deplasări: $\Delta d = \Delta l_{max} - \Delta l_{min} = 20cm$; $\Delta t = \Delta d/v = 0,4s$.

76. a) $\eta = \frac{G_t}{G_t + F_f}$; $F' = mg/2$; $F' = G_n - F_f$.

Înlocuind valoarea randamentului, obţinem:

$3/4 = \eta = \frac{G_t}{G_t + F_f}$; rezultă: $G_t = 3 \cdot F_f$; $0,5N = 2F_f$; $F_f = 0,25N$

b) $F = G_t + F_f = 1N$; $R = 2N$; $M = 200g$; $\Delta m = M - m = 100g$.

77. $G = 40N$; $G_t = 8N$; $\eta = G_t/F$; $F = 10N$; $F_f = 2N$.

a) la urcare : $G_n = 10N$; $m_n = 1kg$;

la coborâre : $G_n' = G_t - F_f = 6N$; $m_n' = 0,6kg$.

b) 10N; 6N.

78. Când m_2 este maximă, sistemul are tendinţa să pornească uniform spre dreapta: $G_{t2} = F_{f2} + F_{f1} + G_{t1}$ - unde fiecare forţă de frecare este egală cu $F_f = (10/100)N = (10/100)G_n = 0,1G_n$

Rezultă : $m_{2max}g\cdot\sin\alpha_2 = 0,1(m_{2max}g\cdot\cos\alpha_2 + m_1g\cdot\cos\alpha_1) + m_1g\cdot\sin\alpha$

$m_{2max}(\sin\alpha_2 - 0,1\cos\alpha_2) = m_1(\sin\alpha_1 - 0,1\cos\alpha_1)$; $m_{2max} = 0,46kg$.

Pentru m_{2min} sistemul are tendinţa să pornească uniform spre stânga: $G_{t1} = F_{f1} + F_{f2} + G_{t2}$; rezultă: $m_{2min} = 0,26kg$.

79. a) $G_1 = 10N$; $G_{1t} = G\cdot h/l = 8N$;

$G_{1n} = G\cdot\frac{\sqrt{l^2 - h^2}}{l} = 6N$; $\eta = \frac{G_t}{G_t + F_f}$

rezultă: $F_f = 3N$; $\mu = F_f/N = F_f/G_n = 0,5$

b) Echilibrul forţelor ce acţionează perpendicular pe plan, pentru fiecare din corpuri, conduce la ecuaţiile:

$G_{2n} = N_{12} = N_{21}$ şi

$N = N_{21} + G_{1n}$;

Deci: $N = G_{2n} + G_{1n}$

$N = (m_1 + m_2)\cdot g\cdot\frac{\sqrt{l^2 - h^2}}{l} = 9N$;

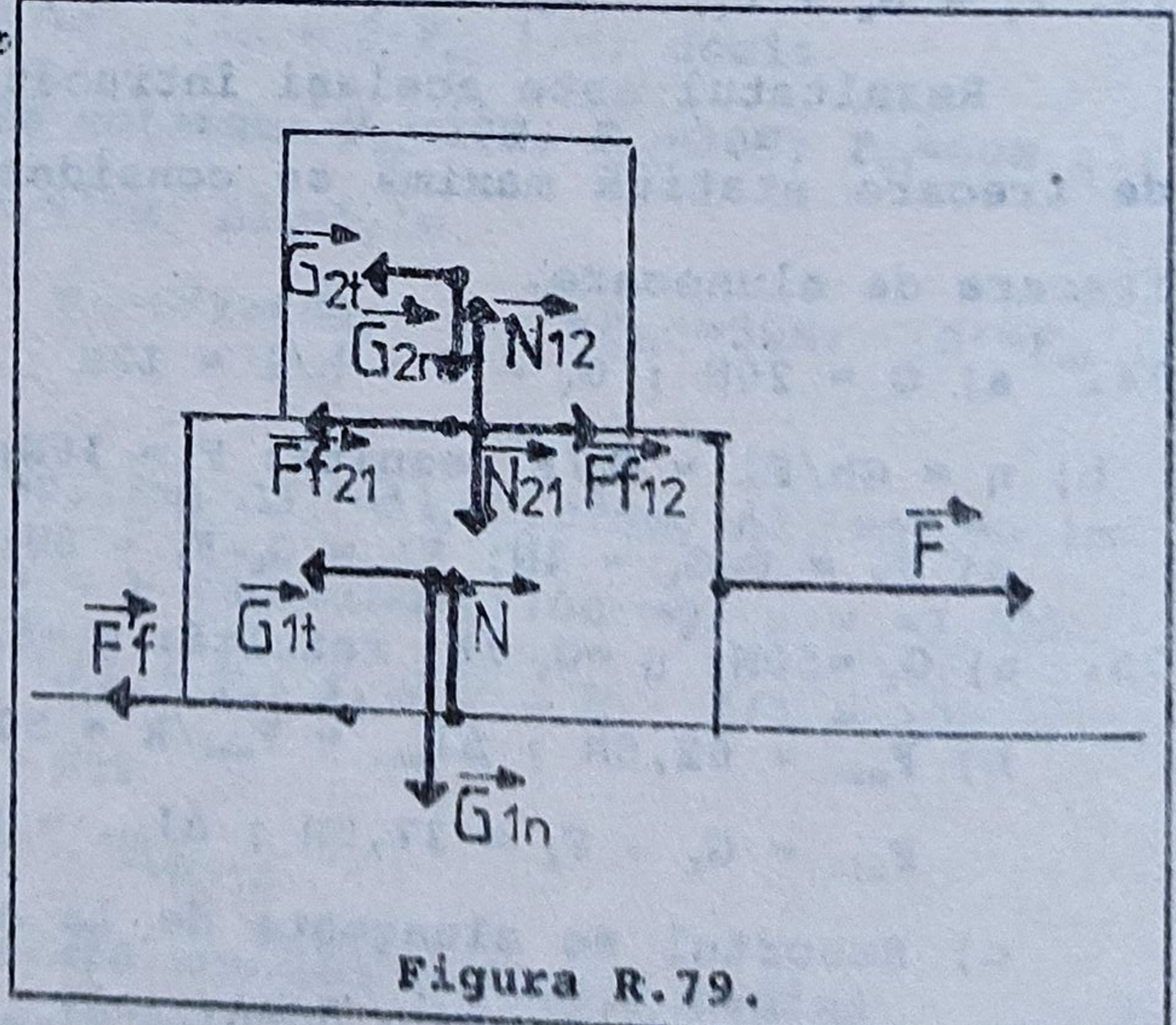


Figura R.79.

$F_f' = \mu N = 4,5N$;

$F = G_{1t} + F_f' + F_{f21}$; $F = P/v = 20N$

$F_{f21} = F - G_{1t} - F_f' = 20N - 8N - 4,5N = 7,5N$

80. 1) $G = l_1 \cdot l_2 \cdot l_3 \cdot \rho \cdot g = 9750N$.

$L = G \cdot h/2 = 4875J$ (centrul de greutate se ridică cu h/2).

2) a) $S = 4dm^2$

$$G_n = mg\frac{\sqrt{l^2 - h^2}}{l} = 9000N\frac{\sqrt{24}}{5} = 3600\sqrt{6}\,N$$

$p = G_n/S = 9\sqrt{6} \cdot 10^5 Pa$

b) La coborâre: $F_c = G_t - F_f$; $F_f = G_t - F_c = 1300N$

La urcare : $F_u = G_t + F_f = 1800N + 1300N = 3100N$

$\eta = G_t/F_u = 58\%$.

81. $P = v_1(F_f+G_t)$; $P = v_2(F_f-G_t)$; $P = vF_f' = v\frac{2\sqrt{3}}{3}F_f$.

Din primele două ecuaţii rezultă:

$F_f + G_t = P/v_1$ şi $F_f - G_t = P/v_2$; aceste relaţii adunate membru cu membru conduc la: $F_f = \frac{P}{2}\left(\frac{1}{v_1}+\frac{1}{v_2}\right)$. Înlocuind în cea de-a treia ecuaţie obţinem:

$$P = v\cdot\frac{2\sqrt{3}}{3}\cdot\frac{P}{2}\left(\frac{1}{v_1}+\frac{1}{v_2}\right);\quad v = \sqrt{3}\cdot\frac{v_1v_2}{v_1+v_2} = 4,15m/s$$

82. Notăm cu $\vec{N}_{12}$ rezultanta celor două forţe de apăsare normală :

$N_{12} = 2N_1 \sin(\alpha/2)$

Notăm cu $\vec{F}_f$ rezultanta forţelor de frecare:

$F_f = 2 \cdot F_{f1} \cos(\alpha/2) =$

$= 2\mu_{min}N_1\cos(\alpha/2)$; $F_f = N_{12}$.

Rezultă: $\mu_{min} = tg(\alpha/2)$

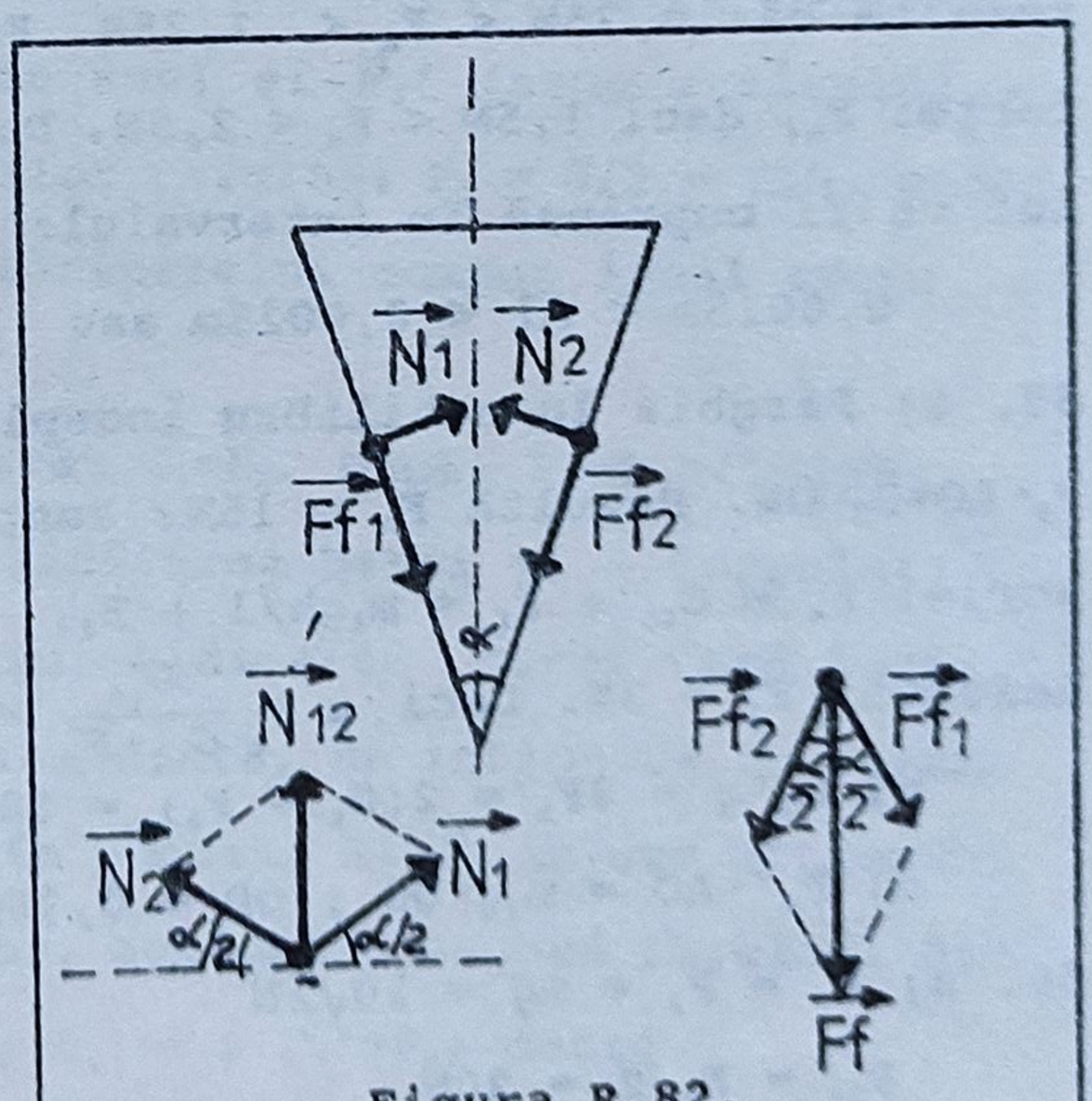


Figura R.82.

83. a) $F_B = G_t = 20N(1/2) = 10N$

$F_B \cdot l = G_2 x$; $x = 0,2m$ (mijlocul barei). Echilibrul forţelor ce acţionează asupra barei cere ca:

$N_A + F_B = G_2$; rezultă $N_A = 10N$

b) $F_{Bmax} = G_t + F_f$;

$F_{Bmin} = G_t - F_f$;

$\mu = \frac{G_t}{G_t+F_f}$ rezultă:

F_f =5N; F_{Bmax} =15N;

F_{Bmin} =5N

$F_{Bmax}l = G_2x_{max}$; x_{max} = 0,3m

şi $F_{Bmin}l = G_2x_{min}$; x_{min} =0,1m.

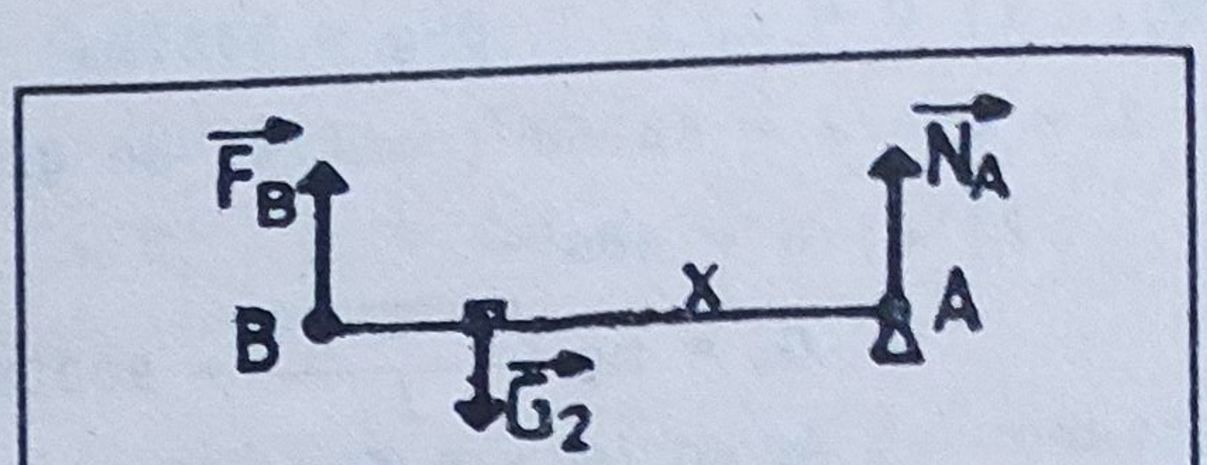


Figura R.83.

84. a) $F_e = G/5 = 2N$

$F_A = Fe/2 = 1N$

$F_B = G_tmgh/l = 5N$

$F_A \cdot AO = F_B(L - AO)$;

Rezultă : AO = 41,8cm.

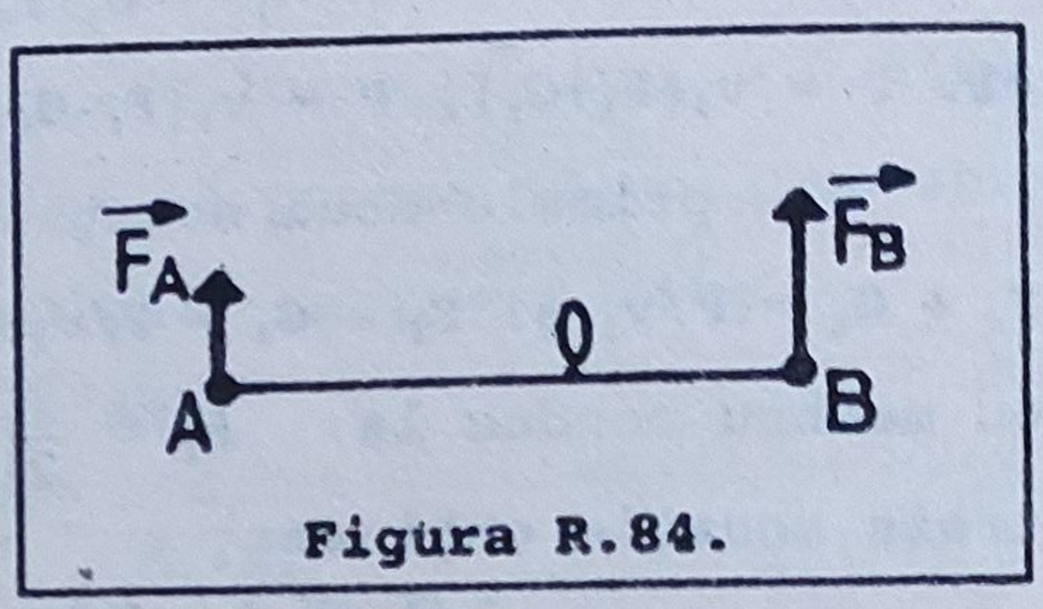


Figura R.84.

b) $\Delta l = F_e/k = 0,002m = 2mm$

c) $\eta = \frac{G_t}{G_t+F_f}$;

F_f = 1,25N. Rezultă: 3,75N < F_B < 6,25N. Cum $F_A = F_B$ (OB/OA) rezultă că: 0,75N < F_A < 1,25N. Forţa elastică este dublul forţei F_A, deci 1,5N < F_e < 2,5N. De aceea alungirea resortului va fi cuprinsă în intervalul:

0,0015m < Δl < 0,0025m sau 1,5mm < Δl < 2,5mm.

85. a) Pârghia în echilibru îndeplineşte condiţia:

$F_A \cdot AO = G_3 \cdot OB$. Rezultă F_A = 15N. Pentru planul înclinat putem scrie: $F_A = G_{1t} + F_f = m_1gh/l + F_f$.

Rezultă: F_f = 3N. Deci $\mu = \frac{G_{1t}}{G_{1t}+F_f}$ = 12N/15N = 4/5 = 80%

b) $m_2'g = 2F_A' = 2(G_t - F_f)$ = 18N m_2' = 1,8 kg

c) $F_A' \cdot AO = m_3g \cdot OD$; OD = 0,36m ; $N_o = F_A' + G_3$ = 14N.

86. a) $F_1 = F_2 = mg = 10\sqrt{2}N$

$R_{12} = F_1\sqrt{2} = 20N$

b) $F_A = F/3 = 40N$

$F_3 = F_A/2 = 20N$

c) Cum $R_{12} = F_3$ rezultă că sistemul este în echilibru.

87. Greutatea paharului cu apă este $G_p = V\rho g = 0,4N$. Pârghia trage de firul scripetelui compus cu o forţă egală în modul şi de sens contrar cu $\vec{F}$; deci avem: $F=mg/2=0,25N$. Aplicând relaţia pârghiilor, obţinem: $F \cdot AO = G_p \cdot BO$; de aici rezultă: $BO = 0,25m$.

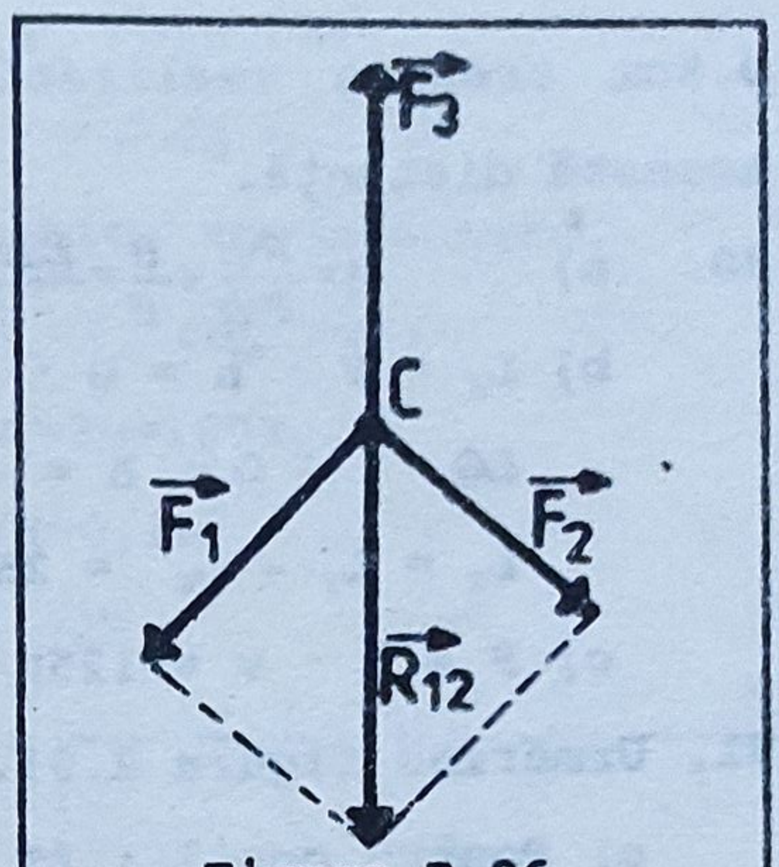


Figura R.86.

Dacă paharul, de greutate $\vec{G}_p$, este la jumătatea lui AO, atunci $F' = G_p/2 = 0,2N$ iar greutatea corpului atârnat de scripetele mobil va fi de două ori mai mare ca forţa F'; obţinem: deci $G' = 0,4N$; $m' = 40g$.

88. a) Greutatea totală ridicată este : $G = G + G_o = 150N$. În punctul A se introduce un sistem de forţe acţiune-reacţiune $\vec{F}_1$ (asupra pârghiei - în sus) şi $\vec{F}_1'$ (asupra firului - în jos). Din relaţia pârghiilor rezultă: $F_1 = G/2 = 75N$; apoi $F_1' = F_1 = 75N$, iar din cea a scripetelui compus ideal avem: $F_1' = F/2$. Deci $F = 150N$.

b) Când începe alunecarea $G_t = F_f$. Deci: $F_f = G \cdot h/l = 25N$.

c) $L = F_1 \cdot h = 75J$ (pentru ridicarea barei şi a corpului)

$L' = G_o \cdot h/2 = 25J$ (pentru ridicarea barei fară corp).

89. a) Ca şi în problema precedentă, se introduce un sistem de forţe acţiune-reacţiune în punctul A: $\vec{F}_1$ în sus acţionând asupra pârghiei şi $\vec{F}_1'$ în jos, acţionând asupra firului. Din legea pârghiei: $F_1 = G_o/2 = 10N$; $F_1' = F_1$; $F_1' = F_e$; deci:

$\Delta l = F_e/k = 10N/20(N/cm) = 0,5cm$; $l = l_o + \Delta l = 5,5cm$.

b) Greutatea totală aplicată în punctul C se dublează. Deci se dublează F_1, F_1', Fe, Δl. Creşterea alungirii cu încă

0,5cm trebuie realizată deplasând capătul N în jos cu această distanţă.

90. a) $\eta = \frac{R \cdot h}{F \cdot h} = \frac{R}{F} = \frac{L_{1ap}}{F}$; $F = \frac{L_{1ap}}{\eta} = 125N$

b) $L_f = F \cdot h = G \cdot h = 1250J$

$L_G = -G \cdot h = -1000J$

$L_r = L_f - L_G = 250J$

c) $P = F \cdot v = 125N \cdot 0,5m/s = 62,5W.$

91. Urmărind figura R.91. avem:

a) Pentru copil : $2T = G$; $T = G/2$

b) Pentru scripete : $F = 2T = G$

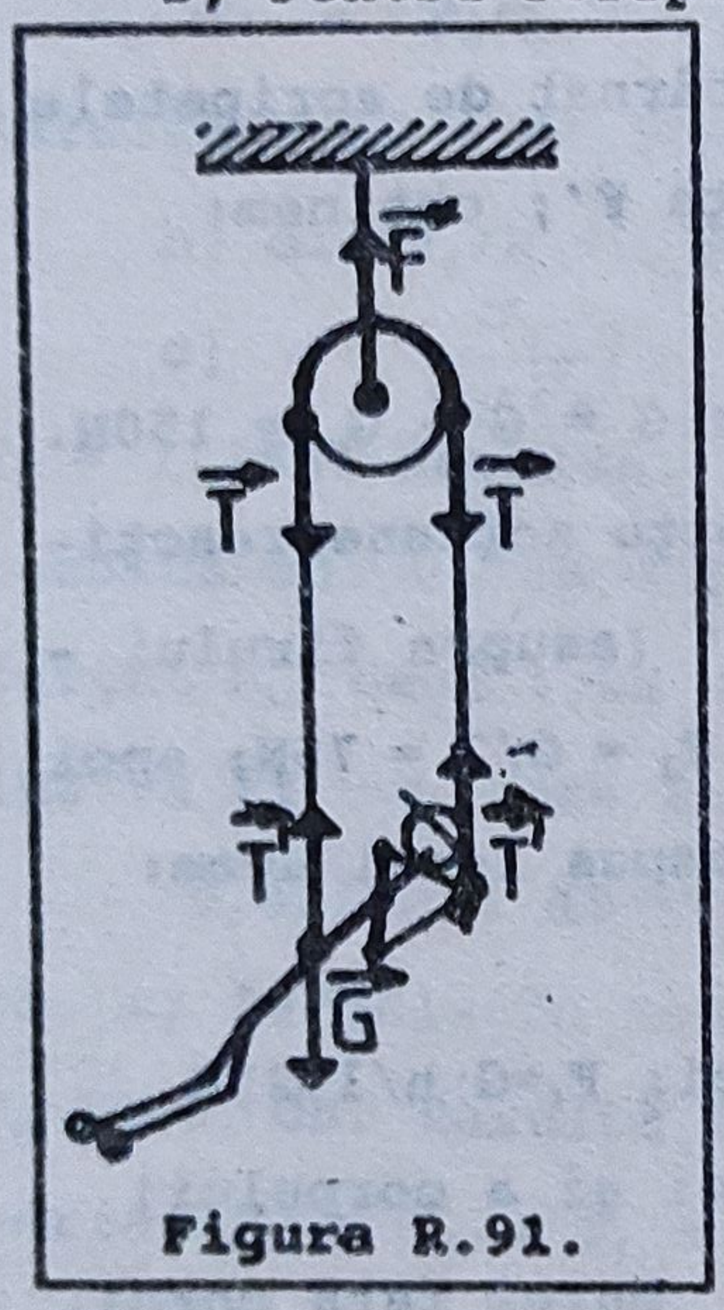


Figura R.91.

92. a) Forţa $\vec{F}_1$ este chiar tensiunea în fir: $F_1 = T_2$.

Pentru scripetele de jos avem: $T_1 = 2T_2$

Pentru platformă putem scrie: $T_1 + T_2 = F_2 + G_p$.

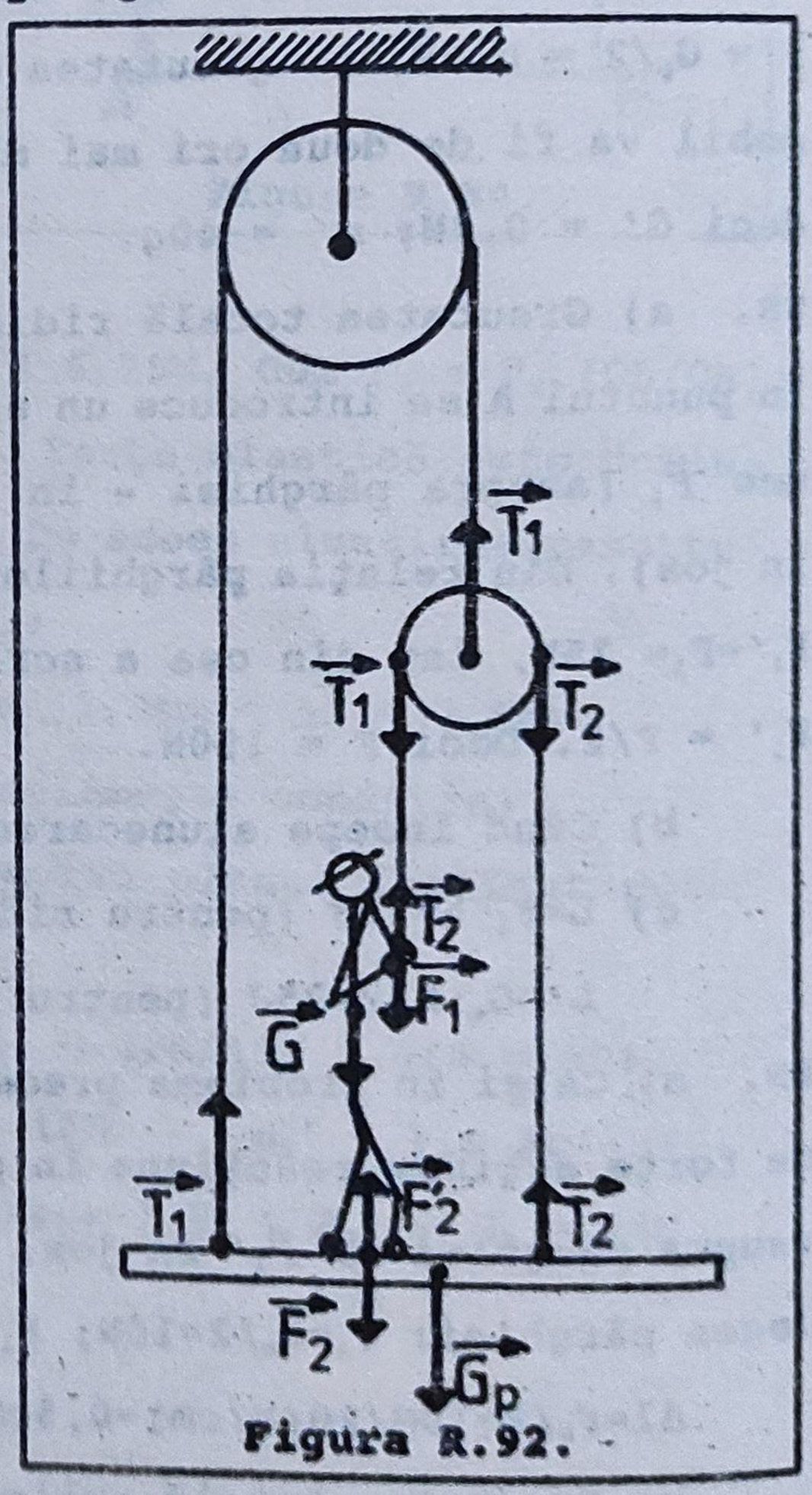


Figura R.92.

Pentru om: $T_2 + F_2' = G$. Cum $F_2' = F_2$ rezultă:

b) $F_2 = 3G - G_p = 375N$ şi $F_1 = T_2 = G - F_2 = 225N$

c) Pentru M_{max}, F_2 este foarte mic, aproape zero.

Luând în expresia găsită la b) $F_2=0$, obţinem:

$G_p=3G$; de unde găsim că: $m_p=3m=180kg$.

93. $G=R=10N$; $Fe=F_B=G/2=5N$; $\Delta l=Fe/k=0,1m$;

$F_B \cdot OB = F \cdot OA$; $F=F_B \cdot OB/OA = 2N$.

94. Scriem condiţia de echilibru faţă de mişcarea de rotaţie, în raport cu punctul O:

$F_3 \cdot R_1 = F_2 \cdot R_1/2 + F_1 \cdot R_1$

de unde rezultă:

$F_3 = F_1 + F_2/2 = 3mg/2$; $F_3 = F_e$;

$\Delta l = 3mg/2k$

Echilibrul scripetelui dublu faţă de mişcarea de translaţie impune ca: $F_4 = F_1+F_2+F_3 = mg \cdot 7/2$;

Cum: $F_e' = F_4$ rezultă:

$\Delta l' = 7mg/2k$.

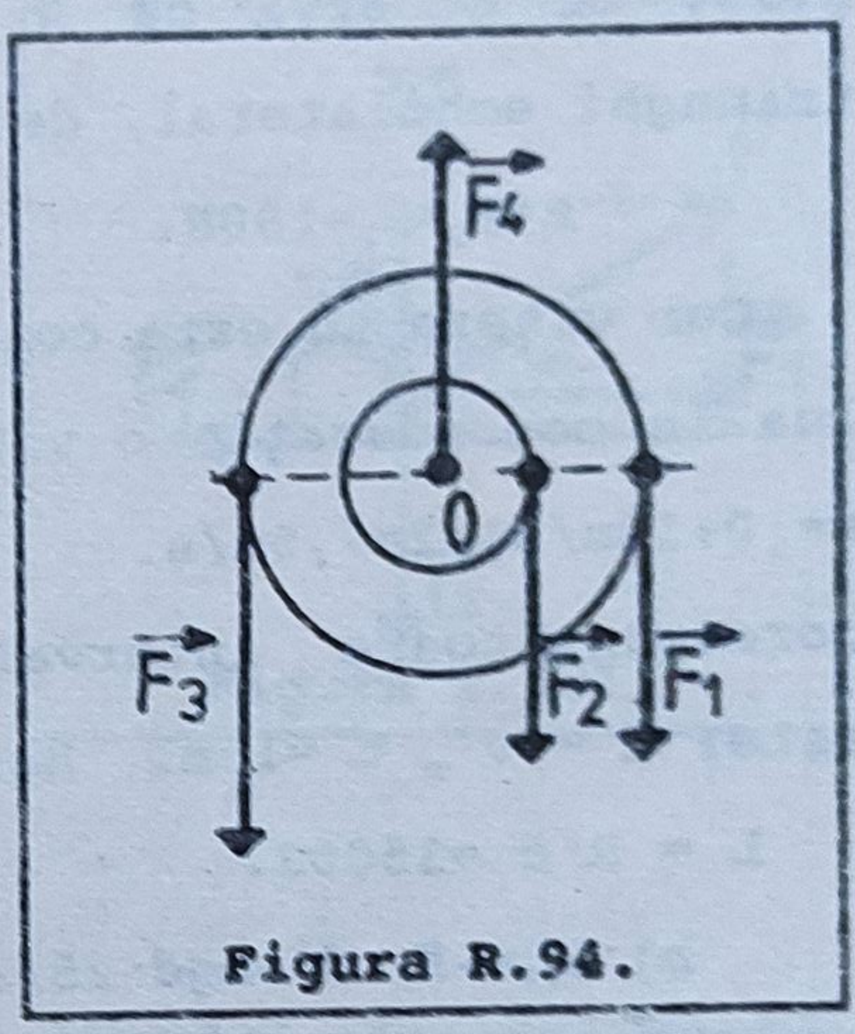


Figura R.94.

Energia mecanică

95. a) - Lucrul mecanic efectuat asupra arcului contribuie la creşterea energiei potenţiale elastice;

- Arcul efectuează un lucru mecanic prin scăderea energiei sale potenţiale elastice.

b) Energia cinetică a sportivului se transformă în energie potenţială elastică a prăjinii iar aceasta din urmă se transformă în energie potenţială gravitaţională. În

timpul căderii energia potenţială gravitaţională se trans-
formă în energie cinetică.

96. L_u =10MJ; L_c = 6000000cal·4,18J/cal =25MJ; $\eta = L_u/L_c$=40%;

m = 6000kcal/2200(kcal/kg) = 2,72kg.

97. $\Delta E_c = L_F$; $0-E_{c1} = -F\cdot d$; $E_{c1} = Fd_1$; $E_{c2} = Fd_2$; $E_{c1}/E_{c2} = d_1/d_2$;

de unde rezultă: $\frac{m_1 v^2}{2}\cdot\frac{2}{m_2\cdot v^2}=\frac{d_1}{d_2}$; $\frac{m_1}{m_2}=\frac{d_1}{d_2}$

98. a) Văzute de sus, cele două forţe arată ca în figura R.98. Se observă că $\vec{R}$ închide un triunghi echilateral, de aceea:

$R=F_1=F_2=100N$.

Cum viteza nu este constantă, vom lua în consideraţie o viteză medie: v=(0+15m/s)/2=7,5m/s. Deplasarea corespunzătoare intervalului t =2s este: $d = v_m\cdot t$ =15m. Rezultă:

$L = R\cdot d$ =1500J.

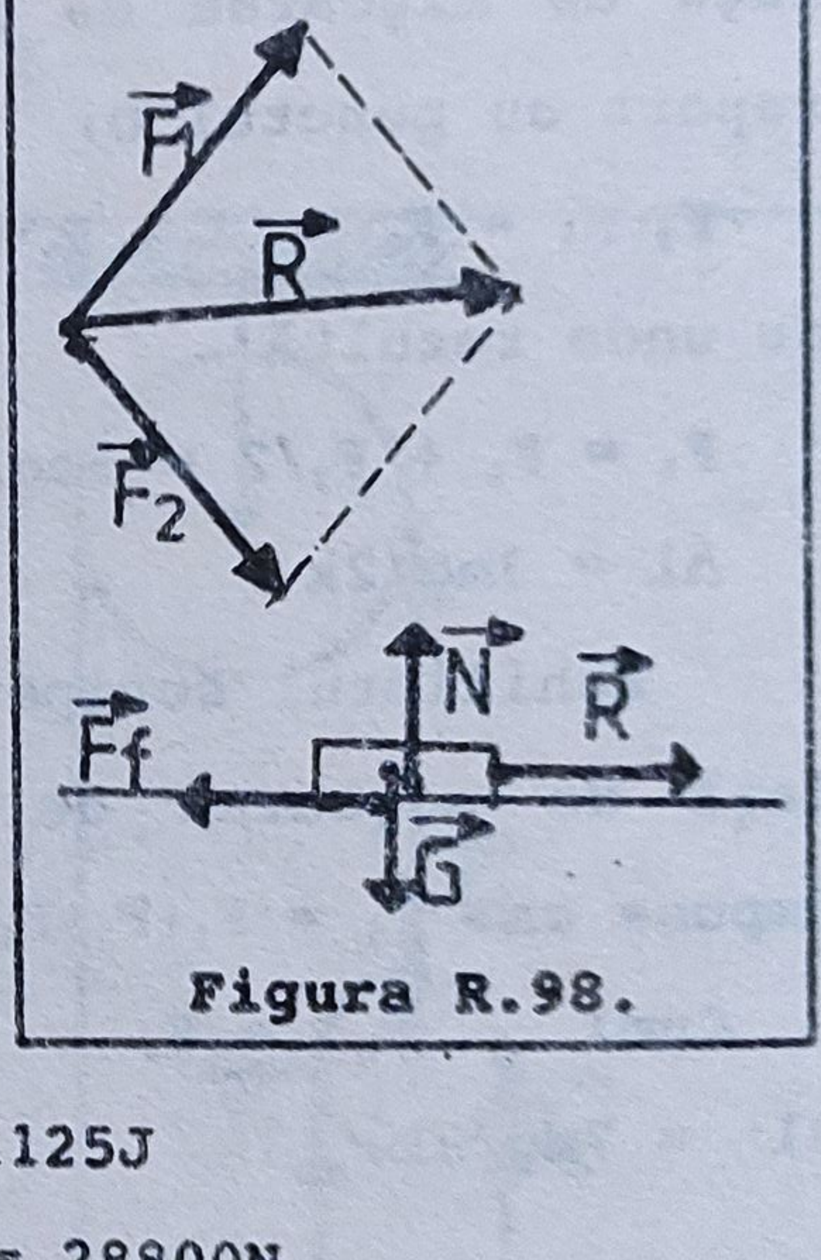


Figura R.98.

b) $L_{Ff}=-F_f\cdot d=-mgd\cdot 25/100=-$ 375J.

c) $E_c = m\cdot v^2/2$ = 1125J sau:

$\Delta E_c = E_c = L_R+L_{Ff}+L_N+L_G = L_R + L_{Ff}$ = 1125J

99. $\Delta E_c = L_{Ff}$; $m(v_2^2-v_1^2)/2 = -F_f\cdot d$; F_f = 28800N.

a) Orizontal: $\Delta E_c = L_R = L_{Ff}$ (G $\perp$ pe deplasare)

$0 - mv_1^2/2 = -F_f\cdot d_a$; d_a = 25,5208 cm.

b) Vertical, în sus: $\Delta E_c = L_R = L_{Ff} + L_G$

$- mv_1^2/2 = -(F_f + G)\cdot d_b$; d_b = 25,5205 cm.

c) Vertical, în jos: $\Delta E_c = L_R = L_{Ff} + L_G$

$-mv_1^2/2 = -F_f\cdot d_c + G\cdot d_c$; d_c = 25,5211 cm.

În concluzie diferentele între d_a, d_b, d_c sunt mici, de ordinul miimilor de milimetru (practic nu pot fi sesizate). Cauza: greutatea glonţului (0,3N) este cu totul neglijabilă faţă de forţa de frecare (28800N).

100. a) $\Delta E_c = L_R = L_{Ft} + L_{Ft} = F_t \cdot d_1 - F_f \cdot d_1$

$mv_1^2/2 - 0 = (F_t - mg10/100) \cdot d_1$; $F_t = 1000N$.

b) $\Delta E_c = L_{F+G} + L_{Ff}$; $mv_2^2/2 = (2F_t - F_f) \cdot d_2$; $v_2 = 17,3m/s^2$.

c) $\Delta E_c = L_{Ff}$; $0 - mv_2^2/2 = - F_f \cdot d_3$; $d_3 = 120m$.

101. a) $L_F = F \cdot d \cdot \cos\alpha = 10J$

b) $\Delta Ec = L_R + L_F + L_{Ff} + L_N + L_G = L_F + L_{Ff}$

$F_f = \mu N = \mu(G - F_2) = 0,1(20N - 10N) = 1N$

$L_{Ff} = -F_f \cdot d = -1J$; $E_c - 0 = 10J - 1J = 9J$

$E_c = mv^2/2$; $v = 3m/s$.

c) $v_m = (0+3)/2 = 1,5m/s$;

Puterea motorului corespunde forţei de tracţiune:

$P = L_F/t = F_1 \cdot v_m = 15W$.

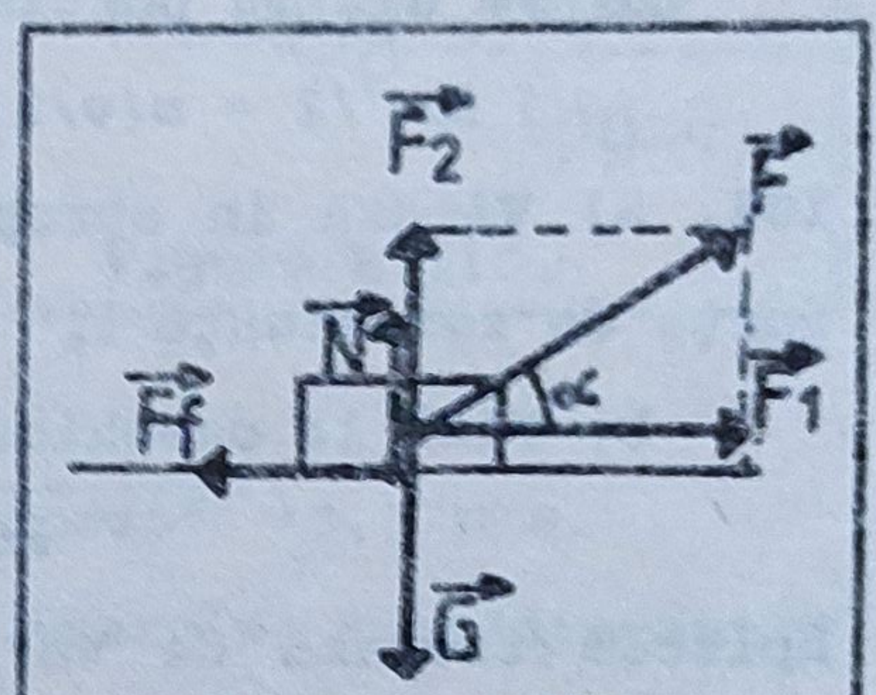


Figura R.101.

102. Aplicăm teorema de variaţie a energiei cinetice pentru cele două deplasări: $mv^2/2 - 0 = (F - F_f)d_1$; $0 - mv^2/2 = -F_f \cdot d_2$.

Din ecuaţia a doua rezultă: $F_f = mv^2/2d_2$; înlocuim forţa de frecare în prima ecuaţie. În final se obţine :

$$\frac{mv^2}{2} \cdot \left(\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2}\right) = F; \quad v = \sqrt{\frac{2 d_1 d_2 F}{m(d_1 + d_2)}} = 1,14 m/s$$

103. $F_t = P/v = 3000N$; $F_f = F_t = 3000N$; $\Delta E_c = -F_f \cdot d_1$;

$d_1 = mv^2/2F_f = 37,5m$; $\Delta E_c = -(F_f + F')d$; $F' = 2000N$.

104. $E_L = E_M$; $E_{cL} = E_{cM} + E_{pM} = 2E_{pM} = 2mgh$

$mv_L^2/2 = 2mgh$; $v_L^2 = 4gh$; $v_L = 28,2m/s$

$E_M = E_M$; $mgh_M = 2mgh$; $h_M = 2h = 40m$.

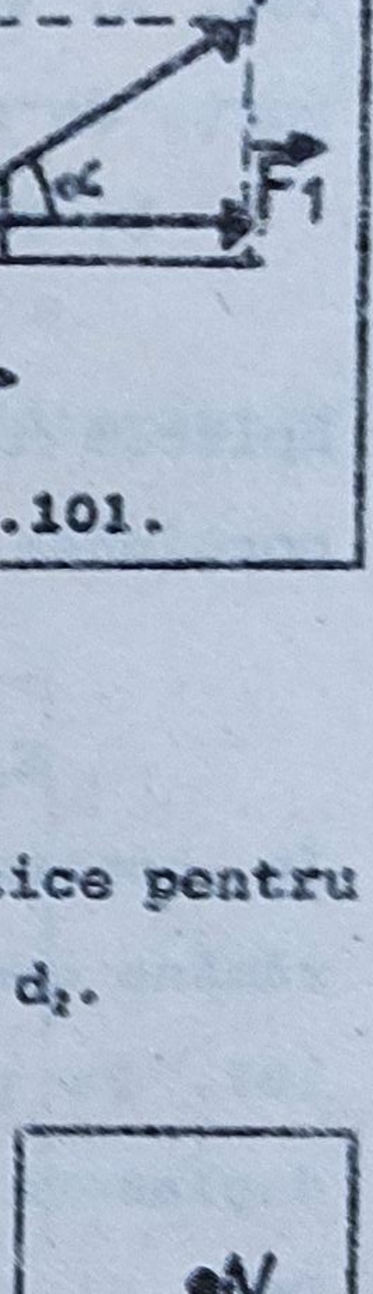


Figura R.104.

b) $L_{Ff} = -F_f \cdot l_o = -5J$.

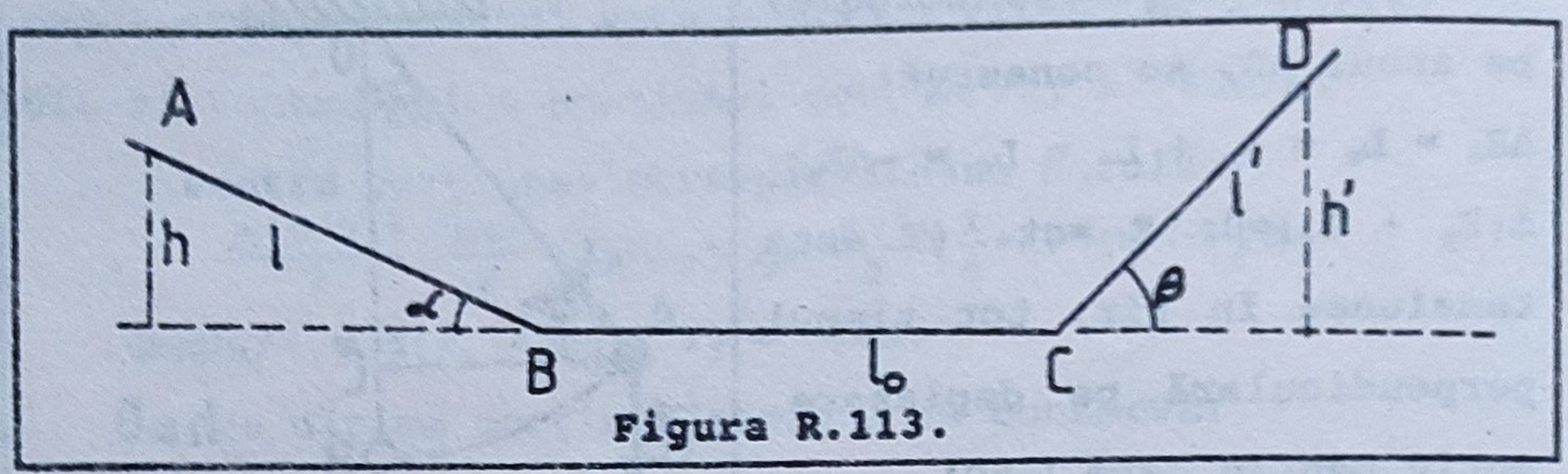


Figura R.113.

114. a) $E_{cC} - E_{cA} = L_G + L_{Ff} = mgh - F_f(l + d)$; $E_{cC} = 0$; $E_{cA} = 0$

Rezultă : $mgh = F_f(l + d)$. Exprimăm F_f din relaţia de calcul a randamentului: $\eta = G_t / (G_t + F_f)$. Rezultă:

$$F_f = G_t\left(\frac{1}{\eta} - 1\right) = \frac{mgh}{l}\left(\frac{1-\eta}{\eta}\right);$$ Înlocuind obţinem:

$$mgh = \frac{mgh}{l}\left(\frac{1-\eta}{\eta}\right)\cdot(l+d) \text{ deci: } \eta \cdot l = (1-\eta)(l+d)$$

$$d = \frac{(2\eta - 1)\cdot l}{1-\eta} = 30m$$

b) Notăm cu M punctul corespunzător bazei suprafeţei înclinate. $E_{cM} = E_{pD} = mgh'$

$E_{cM} - E_{cA} = mgh + L_{Ff} = mgh - F_f \cdot (l + x)$

$mg(h - h') = F_f(l + x)$; $x = 6m$

c) în absenţa frecării nu se poate opri.

115. a) Considerăm corpul de masă m_1. Resortul trage de corp cu forţa $\vec{F}_2$. Din expresia randamentului avem: $\eta = \frac{G_t}{G_t + F_f} = \frac{G \cdot h}{G \cdot h + F_f \cdot l}$;

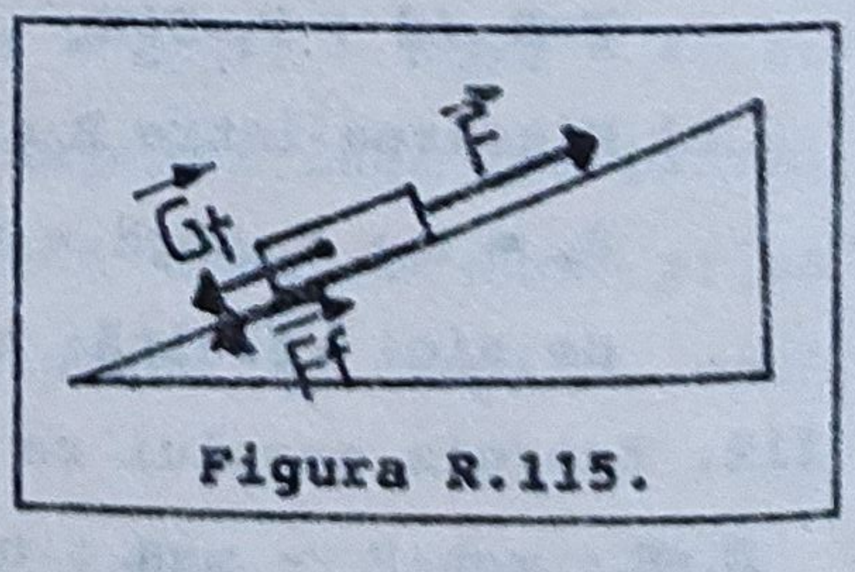


Figura R.115.

$F_f = 10N$; $F = G_t + F_f = 40N$;

$\Delta l = F/k = 2cm$; $l_1 = l_o + \Delta l = 10cm$

b) $E_p = E_{p1} + E_{p2} = mgh_1 + mgh_2 = mg(h_1 + h_2)$; $h_2 = h_1 - \Delta h$;

$\Delta h = l_1 \sin\alpha = 5cm$; $E_p = 60N \cdot 9.95m = 597J$

c) Sistemul coboară deoarece $2G_t > 2F_f$

116. a) $L_G = G_t \cdot l = mgh = 30$ J

b) Cum v = constant rezultă: $G_t = F_f$; $L_{ff} = -30$ J

c) $F = G_t + F_f = 2G_t$; $L_F = 60$ J

d) $\Delta E_p = mgh = 30J$

117. a) $G_n = G \cdot \cos\alpha = 8,65N$; $G_t = G \cdot \sin\alpha = 5$ N

b) $E_A = E_C$; $E_{cA}+E_{pA} = E_{cC}+E_{pC}$; $0+mgl \cdot \sin\alpha = E_{cC}+mg \cdot 2r$

$E_{cC} = 30$ J

c) $E_{cB} = mgl \cdot \sin\alpha = 50J$; $E_{cC}/E_{cB} = 0,6$

d) $E_{cD} - E_{cB} = -F_f \cdot d$; $F_f = G \cdot 25/100 = 2,5N$

$50J = 2,5N \cdot d$; $d = 20m$.

118. a) Notăm cu O punctul de la baza planului înclinat. Aplicăm teorema de variaţie a energiei cinetice pentru porţiunile AO şi OB:

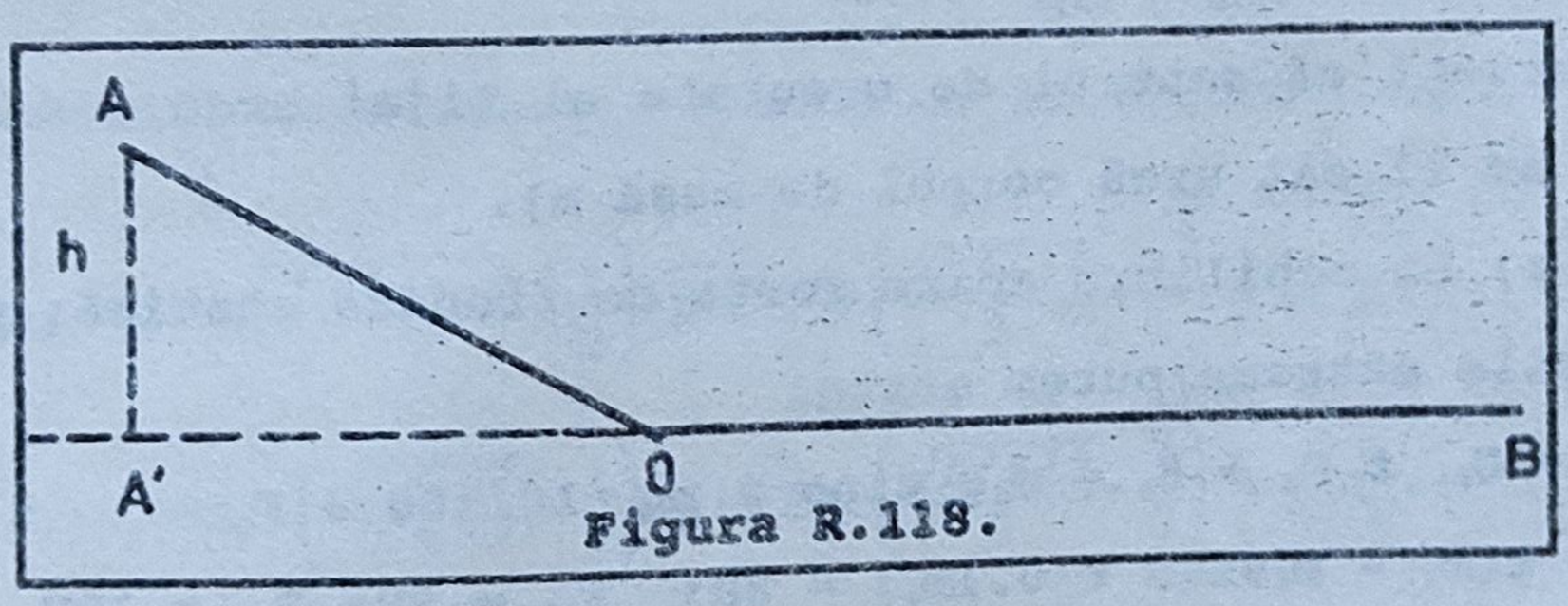


Figura R.118.

$E_{cO} - E_{cA} = L_R = L_{G.AO} + L_{Ff.AO} + L_{N.AO} = L_{G.AO} + L_{Ff.AO}$

$E_{cB} - E_{cO} = L_{G.OB} + L_{N.OB} + L_{Ff.OB} = L_{Ff.OB}$

Adunând relaţiile membru cu membru, obţinem:

$0 = L_{Ff.AOB} + L_{G.AO}$; $L_{Ff.AOB} = -L_{G.AO} = -mgh = -7000J$

b) Viteza fiind constantă avem pe traseul BOA: $\Delta E_c = 0$. Deci: $0 = L_R = L_{Ft} + L_N + L_G + L_{Ff}$ unde $\vec{R}$ este forţa rezultantă şi $\vec{F}_t$ este forţa de tracţiune. Rezultă:

$L_{Ft} = -L_G - L_{Ff} = -(-Gh-mgh) = 2mgh$. Deci: $L_{Ft} = 14000J$.

Pe porţiunea BOA lucrul mecanic al forţei de frecare este tot negativ pentru că $\vec{F}_f$ îşi schimbă sensul.

c) $P = L_{ft}/t = 280W$

119. a) $\eta = Gh/Pt$;

$h = \eta Pt/G = 4m$

b) $l = h/\sin\alpha = 8m$;

$E_p = E_c = F_f \cdot x$; $x=40m$

$d = h+l+x = 52m$

c) $p = N/S = G_n/S = G\cdot\cos\alpha/S =$

$=8,65\cdot 10^7 N/m^2$

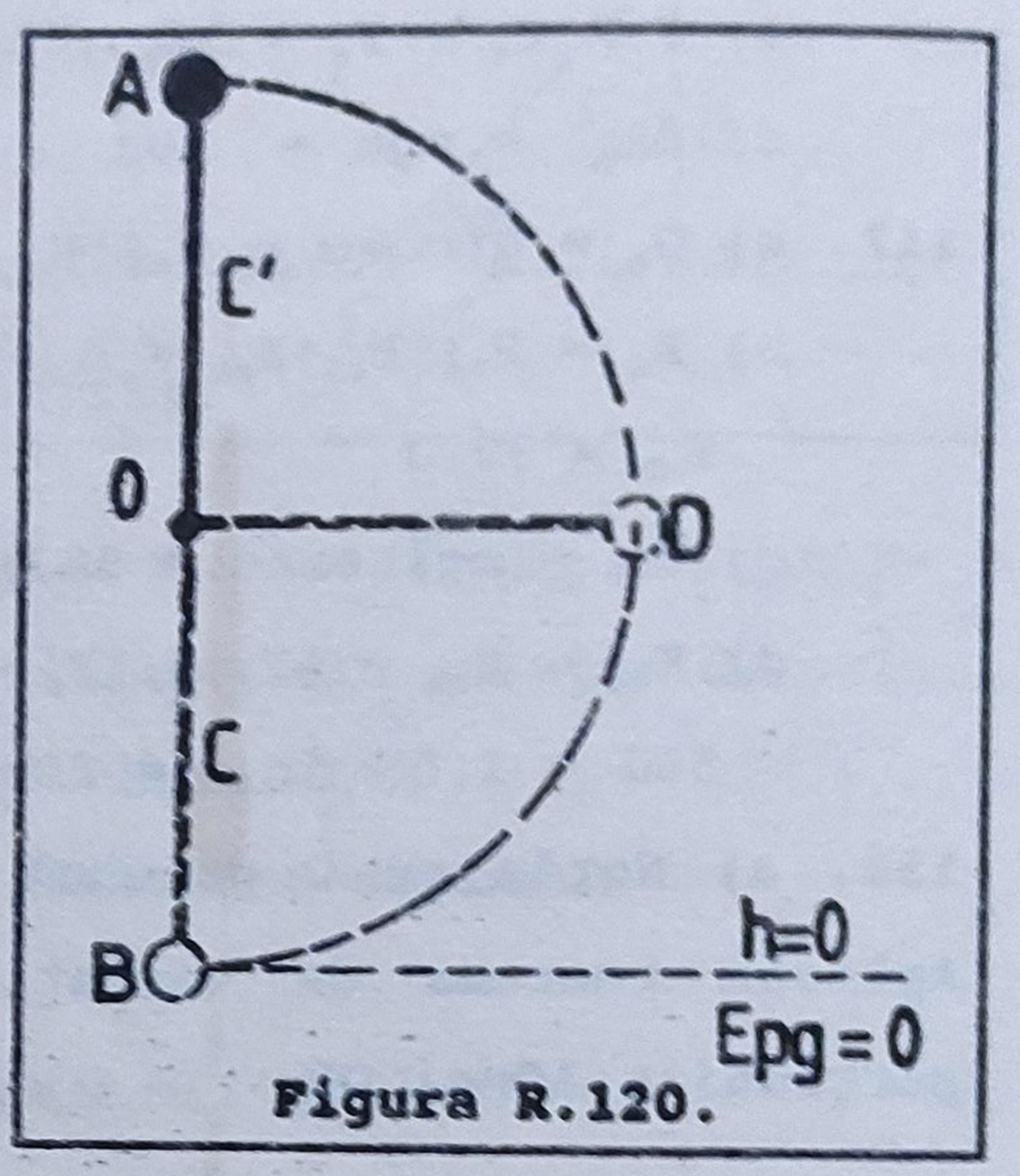


Figura R.120.

120. a) $E_{cD} = mgl = 200J$;

$E_{cB} = mg\cdot(2l) = 400J$.

b) $E_c = E_{cB}\cdot 75/100 = 300J$

$\Delta E_c = -F_R\cdot x$; $x = 3mm$

c) $L = L_{corp} + L_{tija} = 600J$

(Observaţi că centrul de greutate al tijei urcă o distanţă l şi nu 2l cât urcă corpul de masă m).

121. a) La echilibru apare forţa de frecare statică; pentru cazurile extreme putem scrie:

$m_2 g = G_{t1} \pm F_f + F_e = m_1 g\cdot\sin\alpha \pm mg\cdot 10/100 + F_e$

$F_e = g(m_2 - m_1\sin\alpha \pm 0.1m_1) = 8N$; $F_{e1} = 8N$; $F_{e2} = 12N$

$\Delta l_1 = F_{e1}/k = 4cm$; $\Delta l_2 = F_{e2}/k = 6cm$; $\Delta l \in [4cm, 6cm]$

b) $L_{f1} = -F_f \cdot h = -1.6J$; $\Delta E_{p2} = 0 - m_2 gh = -16J$

$\Delta E_{p1} = m_1 g\Delta h = m_1 gh\cdot\sin\alpha = 8J$

c) Când corpul (2) atinge solul, corpul (1) va avea o anumită viteză. De aceea (1) va mai urca o porţiune x până la oprire. Energia cinetică a sistemului, în momentul în care corpul (2) atinge solul, este:

$\Delta E_c = E_{c1} + E_{c2} = L_{G1} + L_{G2} + L_{ft} = -\Delta E_{p1} - \Delta E_{p2} + L_{ft}$;

$(m_1+m_2)\cdot v^2 / 2 = 6,4J$; $E_{c1} = 3,2J$

$\Delta E_{c1} = L_{G1} + L_{Ff} = -G_t \cdot x - F_f \cdot x$; $E_{c1} = x \cdot (G_t + F_f)$

Rezultă: x = 26,6cm; d = h + x = 106,6cm.

122. a) $L = F_f \cdot d = 0.1 \cdot mgd = 50J$

b) Numărul de rostogoliri este N = d/l. La o rostogolire centrul de greutate urcă de la l/2 la $l\sqrt{2}/2$, deci lucrul mecanic al forţei care învinge greutatea este:

$$L_1 = mg\left(\frac{l\sqrt{2}}{2} - \frac{l}{2}\right) = \frac{mgl}{2}(\sqrt{2}-1)$$

$L_2 = NL_1 = mgd \cdot (\sqrt{2} - 1)/2 = 102,5\ J$

c) Dacă frecarea reprezintă o fracţiune k din greutate, avem :

$kmgd = hgd \cdot (\sqrt{2} - 1)/2$; $k = 0,205$; $F_f = 0,205\ mg = 10,25N$

123. Urmăriţi semnificaţia mărimilor în figura R.123.

$$L_1 = mg(h_2 - h_1) = mg\left(\frac{\sqrt{L^2+l^2}}{2} - \frac{L}{2}\right) = \rho L l l' g\left(\frac{\sqrt{L^2+l^2}}{2} - \frac{L}{2}\right) = 1,2J$$

$$L_1 = mg(h_2 - h_3) = mg\left(\frac{\sqrt{L^2+l^2}}{2} - \frac{l}{2}\right) = \rho L l l' g\left(\frac{\sqrt{L^2+l^2}}{2} - \frac{l}{2}\right) = 6,2J$$

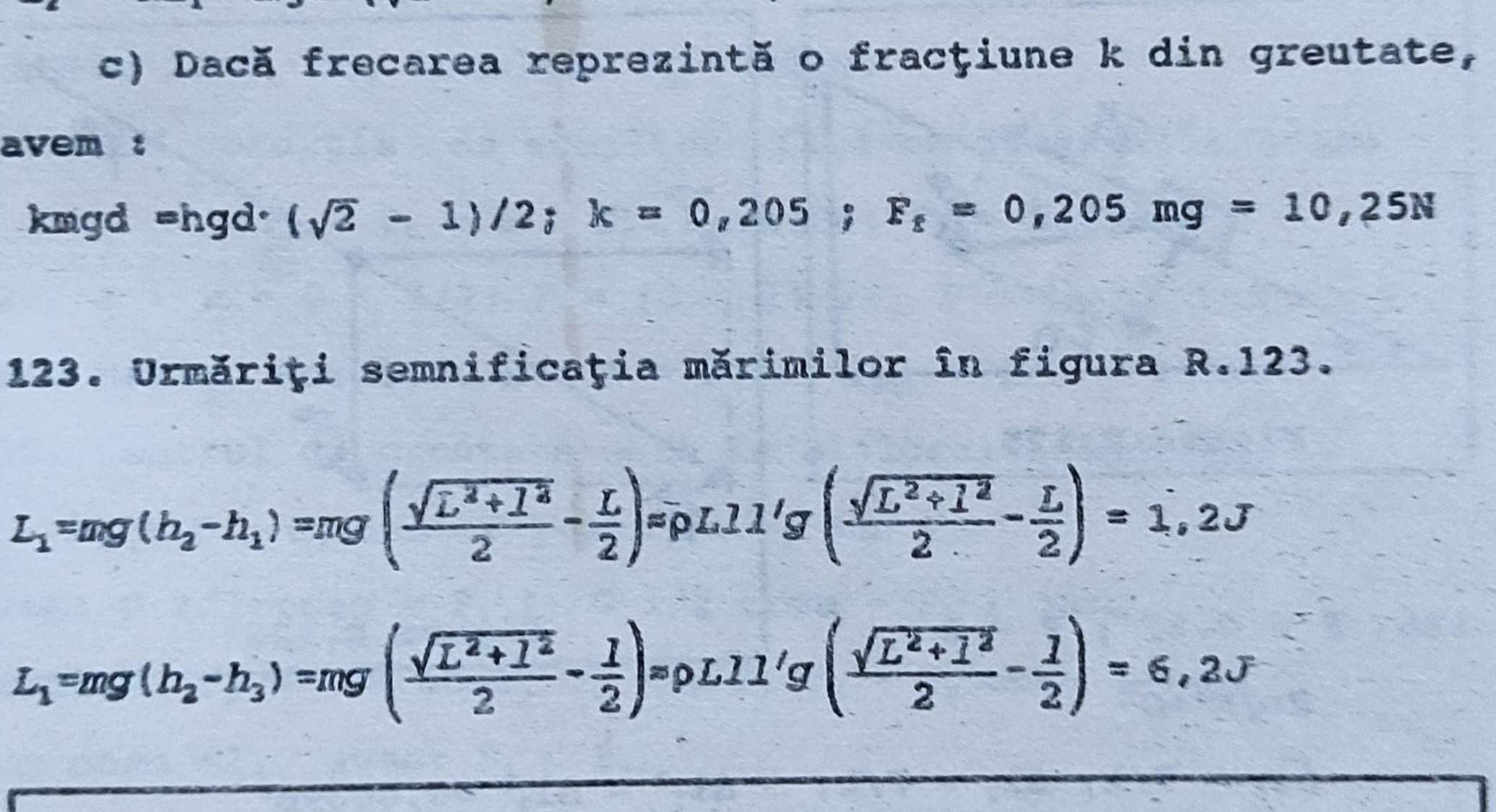


Figura R.123.

Echilibrul corpurilor

124. $R_{BC} = G_B\sqrt{2}$; $R_{BC} = G_A$

din cele două relaţii rezultă:

$$m_A = m_B\sqrt{2} \quad \text{sau:}$$

$\rho_{Fe} \cdot V_{Fe} = \rho_{Al} \cdot V_{Al} \cdot \sqrt{2}$; de unde:

$V_{Fe}/V_{Al} = (\rho_{Al} \cdot \sqrt{2})/\rho_{Fe} = 0,48$

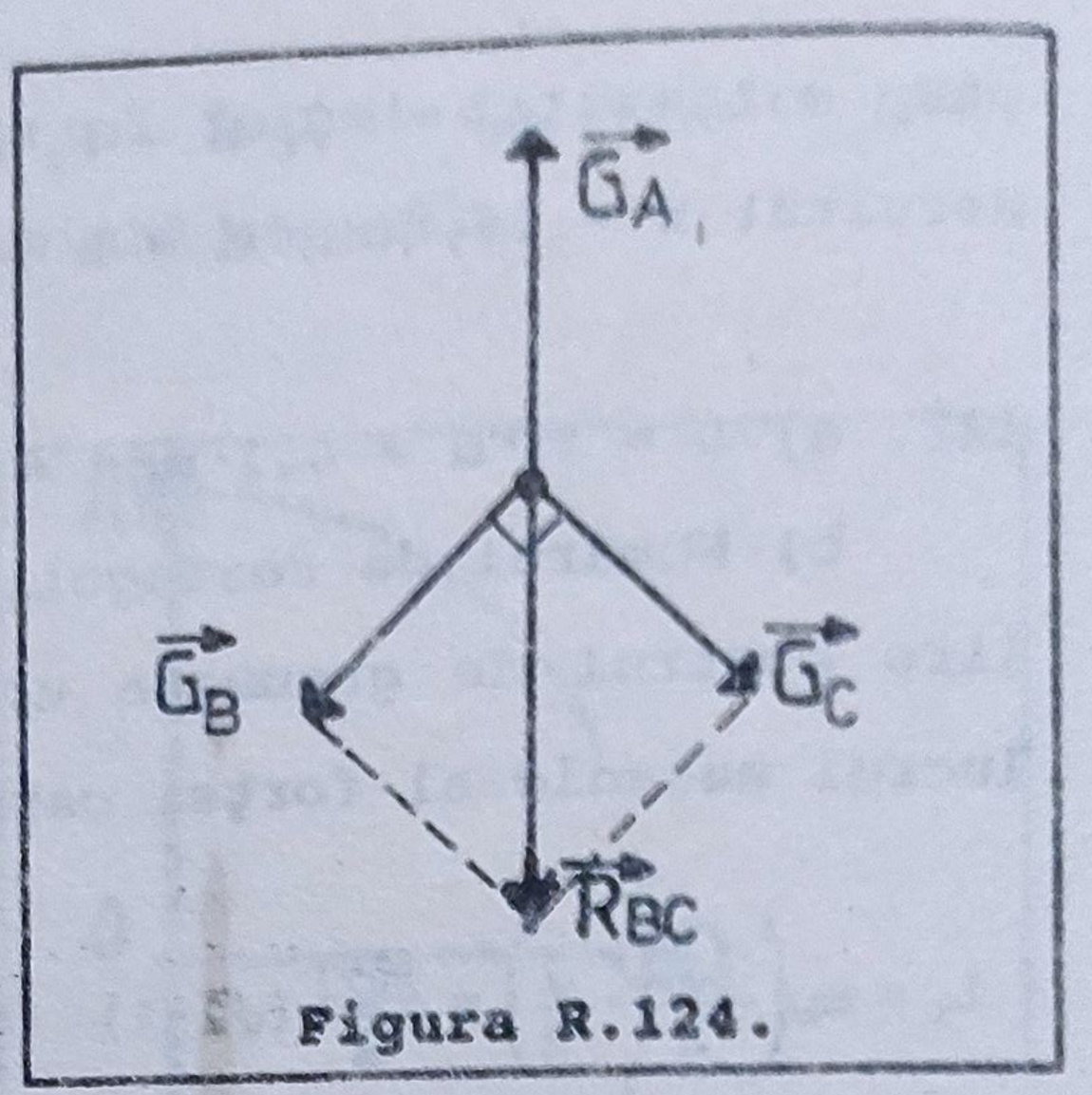


Figura R.124.

125. $F_t = G_t$; $F\cos\alpha = mg \cdot \sin\alpha$;

$F = mg \cdot tg\alpha = 11.4N$

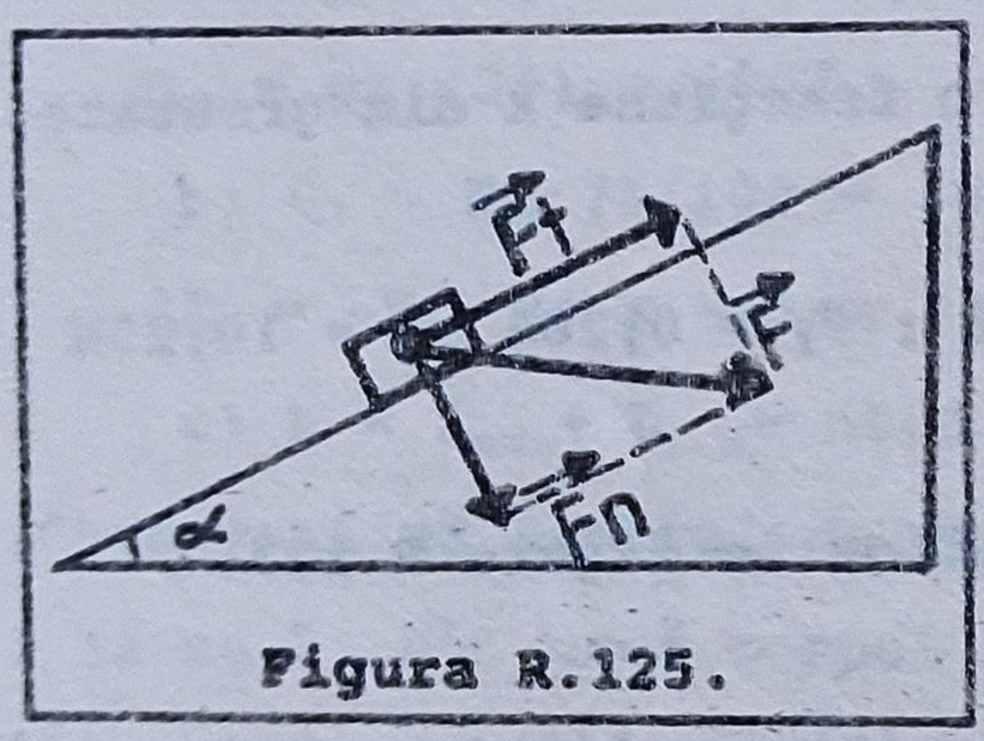


Figura R.125.

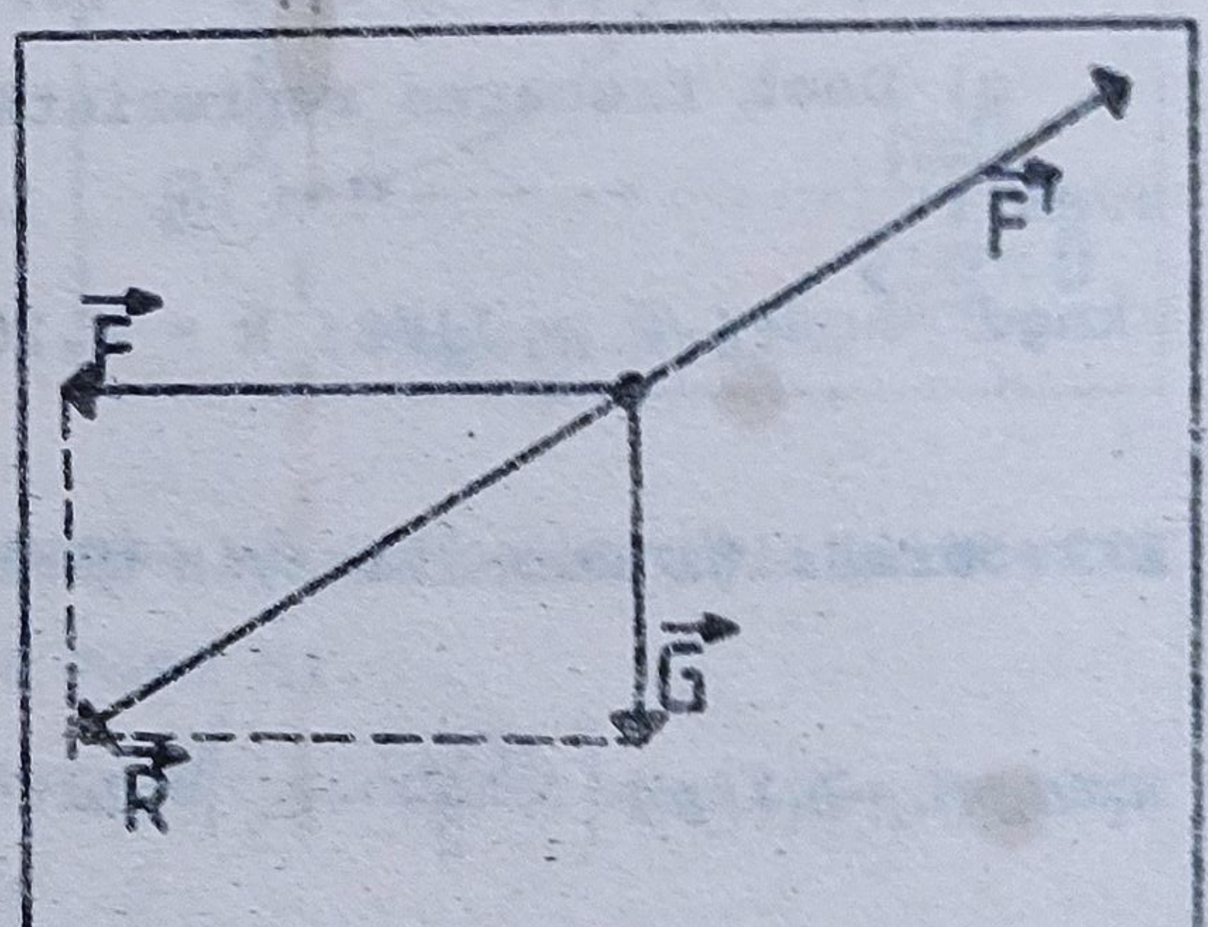


Figura R.126.

126. $F = 0.8F'$; $F = R$

$R=\sqrt{F^2+G^2}$

$\Delta l_1 = F/k$; $\Delta l_2 = F/k$; $\Delta l_1^2 - \Delta l_2^2 = 0,0009m^2$

$(F'^2 - F^2)/k^2 = 0,0009m^2$;

$F'^2(1 - 0,64) = 0,0009m^2 \cdot 10^6N^2/m^2$; $F' = 50N$; $F = 40N$; $G = 30N$;

În final obţinem: $m = 3kg$; $\Delta l_1 = 5cm$; $\Delta l_2 = 4cm$;

127. Considerând ca centru de rotaţie punctul A, avem:

$F_C \cdot CA = F_B' \cdot BA$; $F_C = G$; $CA = 2 \cdot BA$ Rezultă: $F_B' = 2G$.

Condiţia de echilibru faţă de mişcarea de translaţie cere ca: $\vec{R}=\vec{F}_C+\vec{F}_B'+\vec{F}_A'=0$ Rezultă: $F_A' = F_B - F_C = G$

Deci: $F_B = F'_B = 2G = 160N$; $F_A = F'_A = G = 80N$

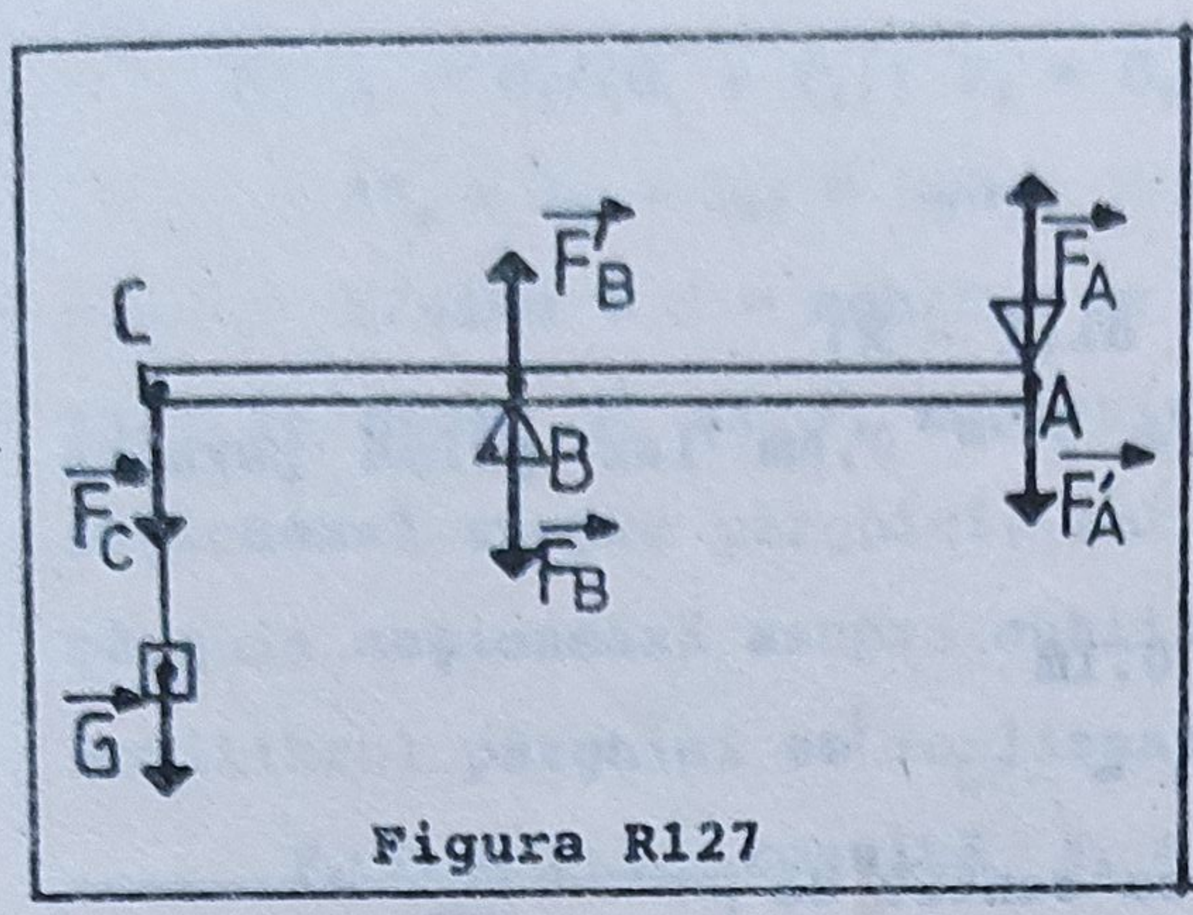


Figura R127

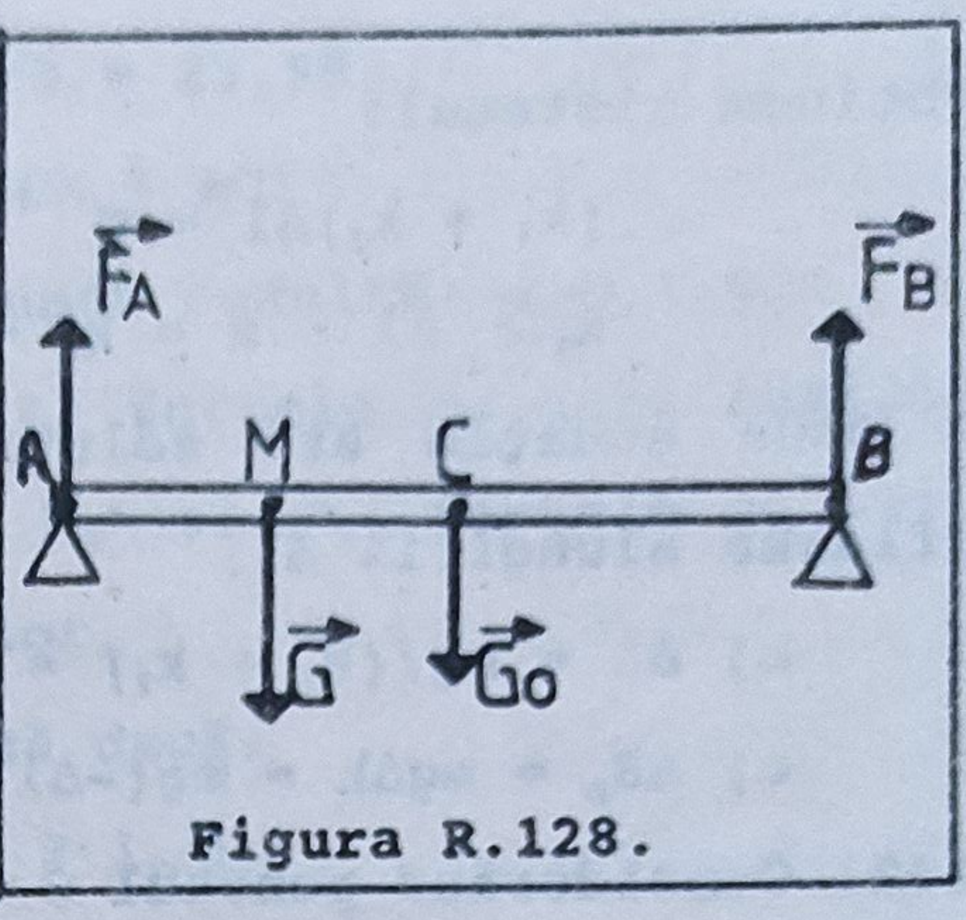


Figura R.128.

128. Se poate alege ca centru de rotaţie orice punct. Alegând punctul A, condiţia de echilibru faţă de mişcarea de rotaţie devine:

$G \cdot AM + G_o \cdot AC = F_B \cdot AB$; Rezultă: $F_B = 200N$.

Aplicând condiţia de echilibru faţă de translaţie avem:

$$F_A + F_B = G + G_o. \text{ Rezultă: } F_A = 500N.$$

129. $F \cdot x = G \cdot 1/2$; $F = (G \cdot 1)/2x$; F este minimă dacă x este maxim. Rezultă: $x = l = 20cm$; $F_{min} = G/2 = 150N$.

130. Centrul de greutate este la mijlocul scândurii.

$G \cdot b_G = F \cdot b_F$ unde F poate fi F_1 sau F_2.

Avem: $G \cdot 1/2 \cdot \cos\alpha = F_1 \cdot 1$; $G \cdot 1/2 \cdot \cos\alpha = F_2 \cdot 1 \cdot \cos\alpha$.

Rezultă: $F_1 = G/2 \cdot \cos\alpha$; $F_2 = G/2$; $F_1 = F_2 \cdot \cos\alpha$

Cum $\cos\alpha < 1$, avem: $F_1 < F_2$.

131. a) Bara rămâne orizontală când cele două resorturi au aceeaşi comprimare Δl. Notăm AD = x. Cele două condiţii de echilibru conduc la ecuaţiile:

$$F_A + F_B = G$$

$$F_A \cdot x = F_B(l - x)$$

Dar: $F_A = k_1 \cdot \Delta l$ şi $F_B = k_2 \cdot \Delta l$

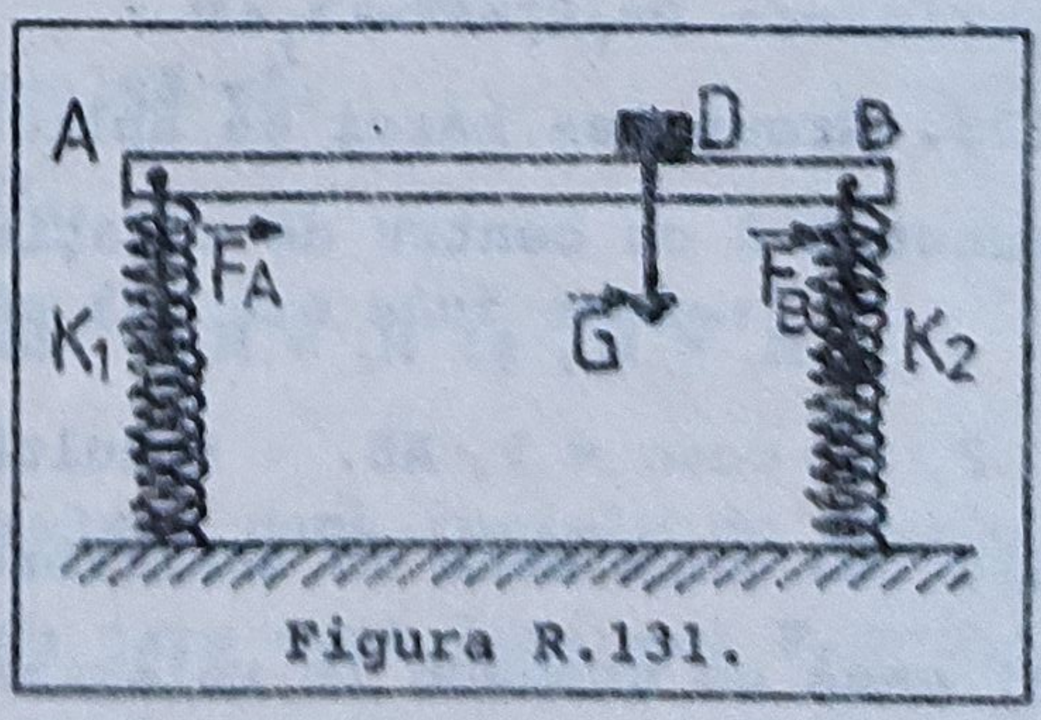


Figura R.131.

Obţinem sistemul:

$$(k_1 + k_2)\Delta l = G$$

$$k_1 \cdot \Delta l \cdot x = k_2 \cdot \Delta l(1 - x)$$

A doua ecuaţie are soluţia $x = 0,6m$ iar prima permite aflarea alungirii Δl;

b) $\Delta l = mg/(k_1 + k_2) = 0.1m$

c) $\Delta E_p = mg\Delta h = mg(-\Delta l) = -5J$

132. Considerând punctul O ca centru de rotaţie se observă că forţele $\vec{G}_1$ şi $\vec{F}$ rotesc pârghia în sens contrar acelor de ceas în timp ce $\vec{G}_2$ roteşte în sensul acelor de ceas. Pentru a avea echilibru în raport cu mişcarea de rotaţie trebuie îndeplinită condiţia:

$G_1 \cdot CO + F \cdot b_F = G_2 \cdot OD$; cu $b_F = 0,3m$; rezultă $F = 3N$. Forţa de reacţiune din O, împreună cu forţele $\vec{G}_1$, $\vec{G}_2$ şi $\vec{F}$ menţin pârghia în echilibru de translaţie. Această forţă de reacţiune va fi egală

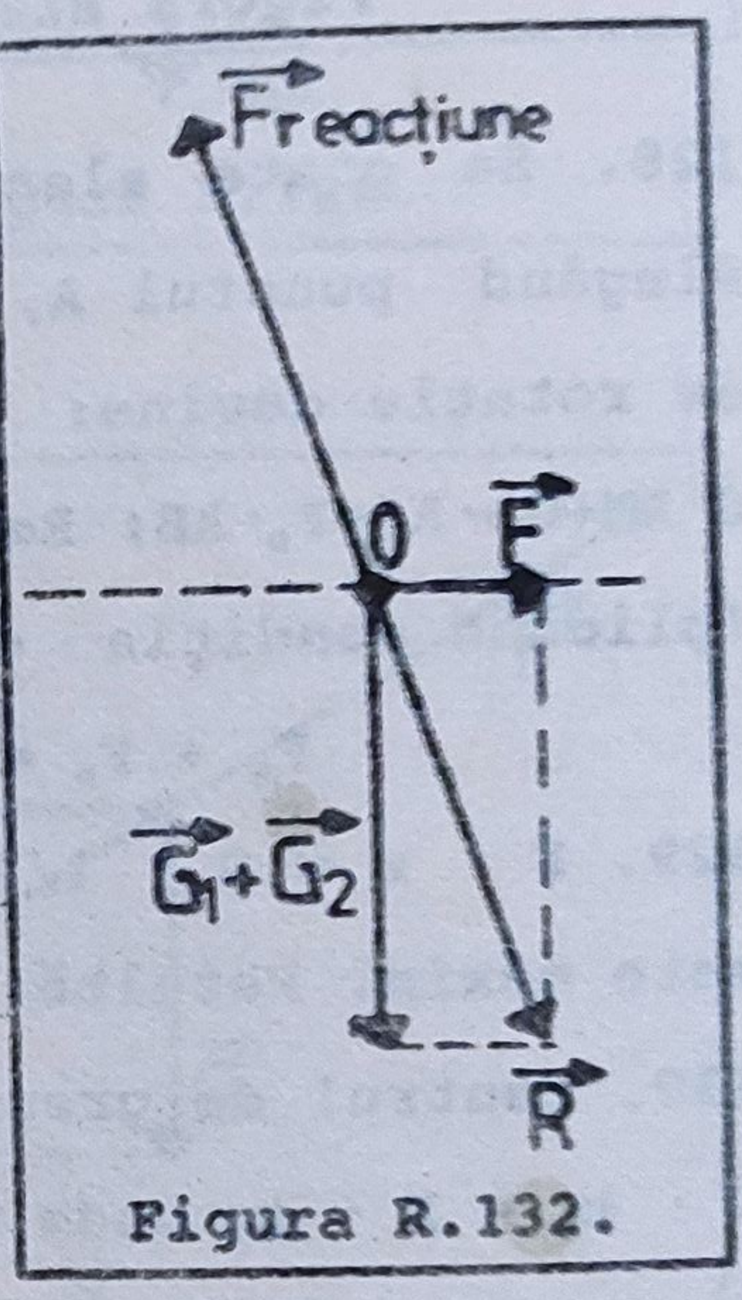


Figura R.132.

în modul şi de sens contrar rezultantei forţelor $\vec{G}_1$, $\vec{G}_2$ şi $\vec{F}$. Compunem $\vec{G}_1$ cu $\vec{G}_2$ obţinând: $R_1 = 13,1N$, apoi $\vec{R}_1$ cu $\vec{F}$ obţinând: $R=\sqrt{R_1^2+F^2}=13,4N$.

133. Greutatea barei se aplică la mijlocul.ei. Considerând punctul A ca centru de rotaţie putem scrie:

$M_G = M_{F1}$ şi $M_G = M_{F2}$ deci: $M_{F1} = M_{F2}$ sau:

$F_1 \cdot AB \cdot \cos\alpha = F_2 \cdot AB$. Rezultă: $F_1/F_2 = 1/\cos\alpha$

134. a) Bara este în echilibru de rotaţie (faţă de punctul A) ceea ce conduce la relaţia: $F \cdot OA = G \cdot AB \cdot \cos\alpha$

$h = AB \cdot \sin\alpha = (F \cdot OA \cdot \sin\alpha)/(mg \cdot \cos\alpha)$.

Cum: $F = F_1/2$, obţinem: $h = 0,5m$.

b) $\eta = G_t/(G_t + F_f)$; $F_f = G_t/3 = 23,5N$

$\Delta E_c = L_G + L_{Ff} = mgh - F_f(BA + AC)$

$h/\sin\alpha + d = mgh/F_f$; de unde rezultă: $d = 1,42m$

135. În desen $\vec{F}_B$ şi $\vec{F}_A$ reprezintă forţele cu care cutiile acţionează asupra pârghiei, iar $\vec{F}_A'$ şi $\vec{F}_B'$ forţele cu care pârghia acţionează asupra cutiilor.

Echilibrul pârghiei se realizează dacă:

$F_A \cdot l_1 = F \cdot l_2$; rezultă $F_A = F \cdot l_2/l_1$

$F_B = F + F_A = F \cdot (l_1+l_2)/l_1$.

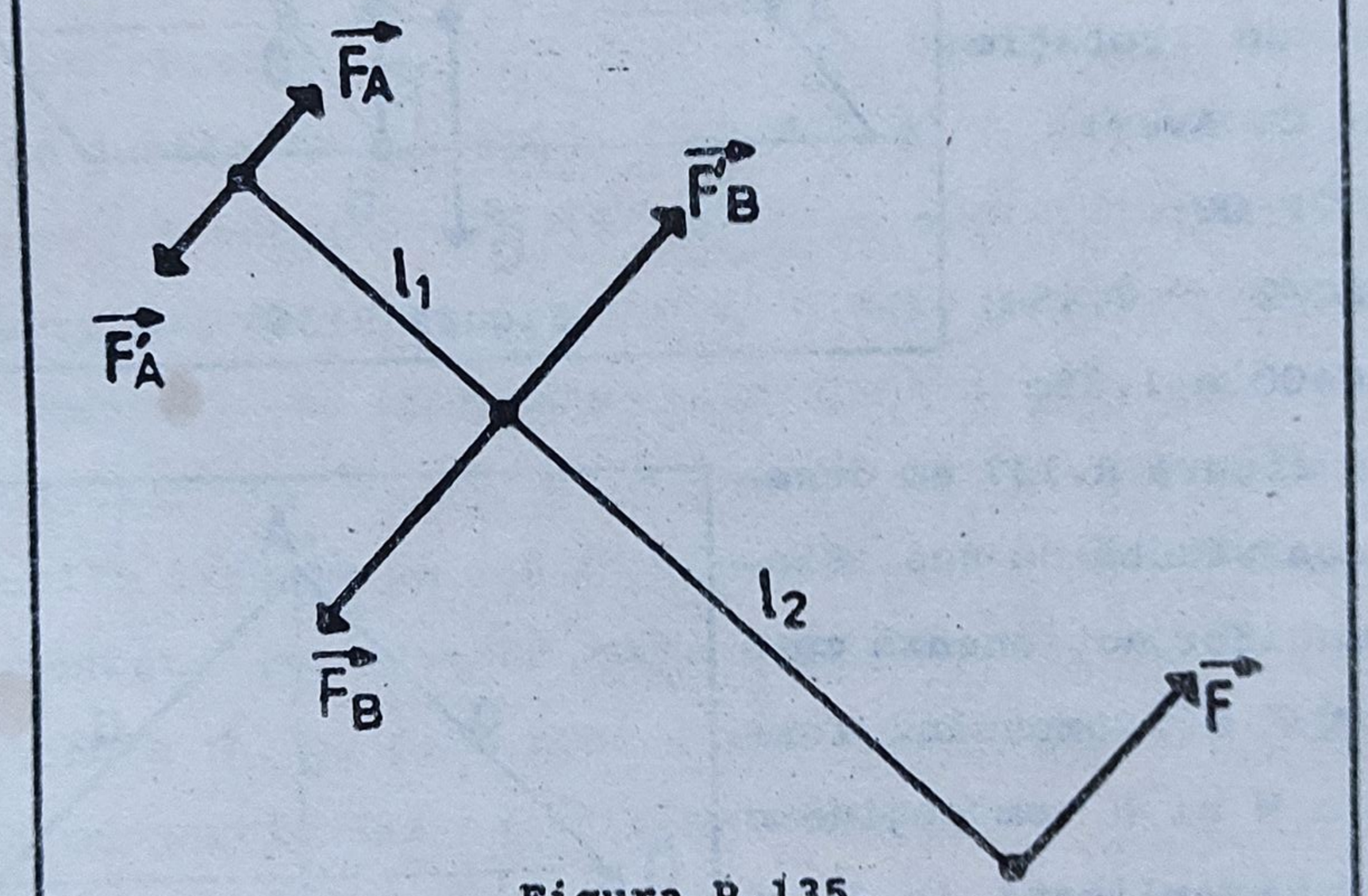


Figura P.135.

Calculând $F_B/F_A = (l_1+l_2)/l_2$ rezultă că:

$F_B > F_A$ deci şi $F'_B > F'_A$.

Observăm că cele două forţe de frecare sunt egale:

$F_{fA} = F_{fB} = F_f = \mu mg$

a) Cutiile nu se vor deplasa dacă forţele de frecare sunt mai mari decât forţele cu care sunt împinse: $F_f > F_B' > F_A'$. Rezultă $\mu mg > F(l_1+l_2)/l_1$ adică cutiile nu se deplasează dacă: $F < \mu mgl_1/(l_1+l_2)$;

b) Pentru $F_B' > F_f > F_A'$ se deplasează cutia B.

Inegalităţile conduc la condiţia: $\frac{\mu m g l_1}{l_1+l_2} < F < \frac{\mu m g l_1}{l_2}$

c) Pentru $F_A' > F_f$ se deplasează ambele cutii. Acest lucru are loc când: $F > \mu m g l_1/l_2$.

Încercaţi să verificaţi calitativ concluziile la care am ajuns improvizând experimentul cu mijloace simple.

136. Compunând forţele din B şi D, rezultă: $F_o = 2 \cdot F$. Putem alege ca centru de rotaţie punctul C. Avem:

$F \cdot AC = 2F \cdot CO$;

$CO = AC/2 = 0,45m$;

$AO = AC+CO = 1,35m$

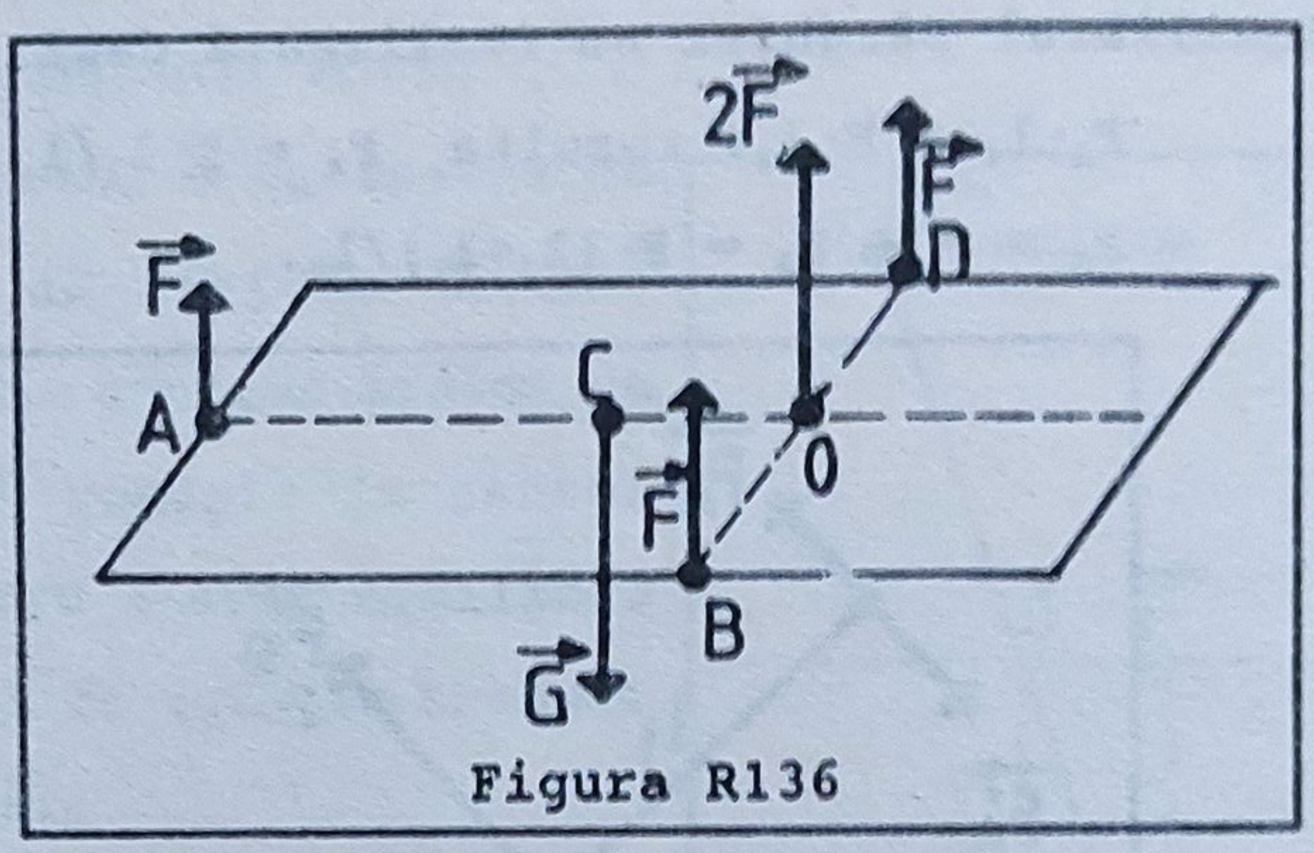


Figura R136

137. În figura R.137 am desenat placa văzută de sus. Fiecare muncitor acţionează cu o forţă F = G. Compunând forţele din M şi N vom obţine o rezultantă aplicată în L de valoare 2F. Compunând această rezultantă cu forţa din A vom obţine o forţă care trebuie să anuleze greutatea plăcii (deci aplicată în centrul de greutate O).

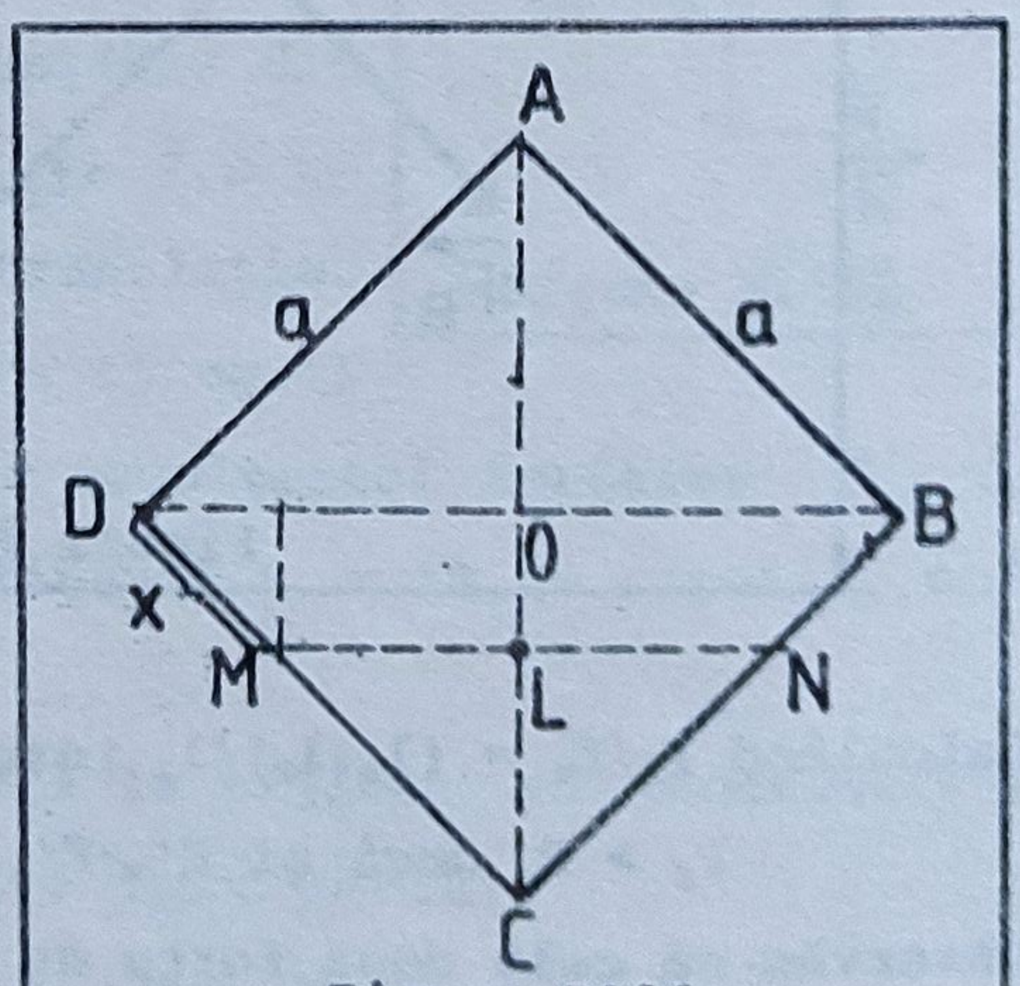


Figura R137

Rezultă: $OL = AO/2 = AC/4 = a\sqrt{2}/4$.

Se observă că: $x = OL\sqrt{2} = a/2$. Deci punctele M şi N se găsesc la jumătatea laturilor CD şi CB ale pătratului.

138. $G_1 = Sl_1\rho_1 g$; $G_2 = Sl_2\rho_2 g$.

În figură C este centrul de greutate considerat ca punct de aplicaţie al rezultantei forţelor $\vec{G}_1$ şi $\vec{G}_2$.

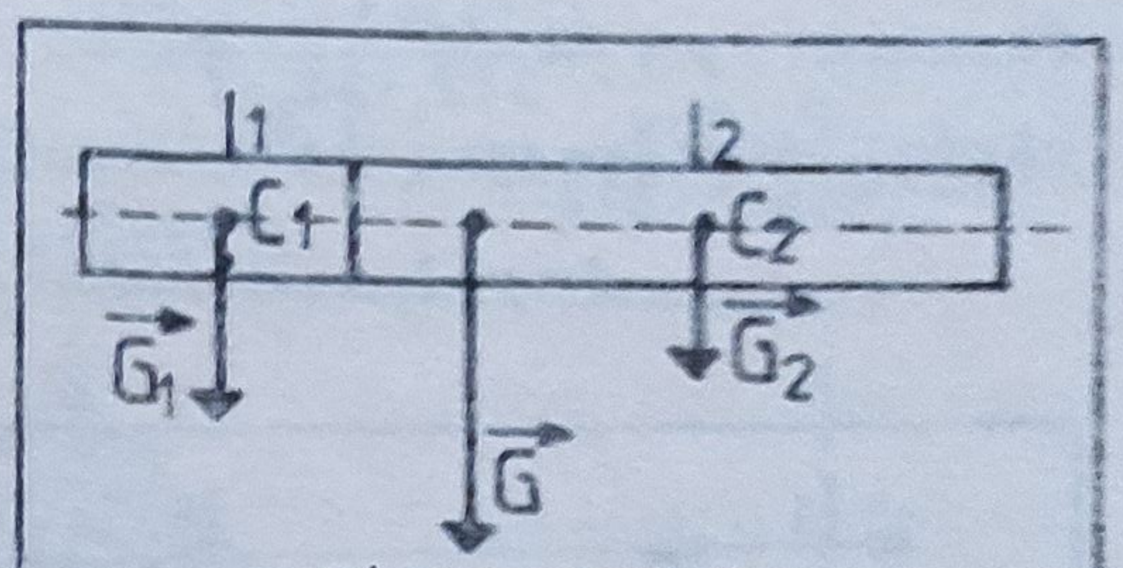


Figura R.138.

Notăm: $C_1C = x$ şi $CC_2 = y$.

Avem: $x + y = (l_1+l_2)/2$

şi $G_1 \cdot x = G_2 \cdot y$ de unde rezultă:

$y = x \cdot G_1/G_2 = x \cdot (l_1 \cdot \rho_1)/(l_2 \cdot \rho_2)$. Înlocuind pe y în prima ecuaţie se obţine: $x = \frac{l_2\rho_2(l_1+l_2)}{2(l_1\rho_1+l_2\rho_2)}$;

Se observă că dacă $l_1\rho_1 = l_2\rho_2$ centrul de greutate C este la jumătatea distanţei dintre C_1 şi C_2 adică $x=(l_1+l_2)/4$; când $x=l_1/2$ centrul C este chiar pe suprafaţa de sudură a barelor, iar când $x=l_2/2$ punctul C este la jumătatea barei.

139. Centrul de greutate este punctul de aplicaţie al greutăţilor $\vec{G}_1$, $\vec{G}_2$ şi $\vec{G}_3$. Sistemul admite axa care uneşte vârfurile extreme ca axă de simetrie, deci vom căuta centrul de greutate pe această axă. Compunem $\vec{G}_1$ cu $\vec{G}_2$ obţinând rezultanta $\vec{G}_{12}$ pe care apoi o vom compune cu $\vec{G}_3$. Greutăţile fiind proporţionale cu ariile, vom scrie:

$G_1 = kS_1 = kal_1/2$; $G_2 = kal_2$; $G_3 = kal_3/2$

unde a este lăţimea plăcii.

La triunghi centrul de greutate este la intersecţia medianelor, adică la 1/3 de bază.

Utilizând regula de compunere a forţelor paralele putem scrie: $G_1 \cdot (l_1/3 + x) = G_2 \cdot (l_2/2 - x)$. Înlocuind avem:

$\frac{kal_1}{2}\left(\frac{l_1}{3}+x\right) = kal_2\left(\frac{l_2}{2}-x\right)$; de unde rezultă: $x = \frac{3l_2^2-l_1^2}{3(2l_2+l_1)}$

Compunând $\vec{G}_{12}$ cu $\vec{G}_3$ obţinem: $G_{12}(l_1-y-x) = G_3(y+l_3/3)$ sau:

$\left(ka\frac{l_1}{2}+kal_2\right)\left(l_2-y-\frac{3l_2^2-l_1^2}{3(2l_2+l_1)}\right) = ka\frac{l_3}{2}\left(y+\frac{l_3}{3}\right)$. Efectuând calculele

rezultă: $y=\frac{l_1^2+3l_2^2+3l_1l_2-l_3^2}{3(l_1+2l_2+l_3)}$. Punctul C se găseşte faţă de vârful din dreapta la distanţa:

$$d=y+l_3=\frac{l_1^2+3l_2^2+2l_3^2+3l_1l_2+3l_1l_3+6l_2l_3}{3(l_1+2l_2+l_3)}$$

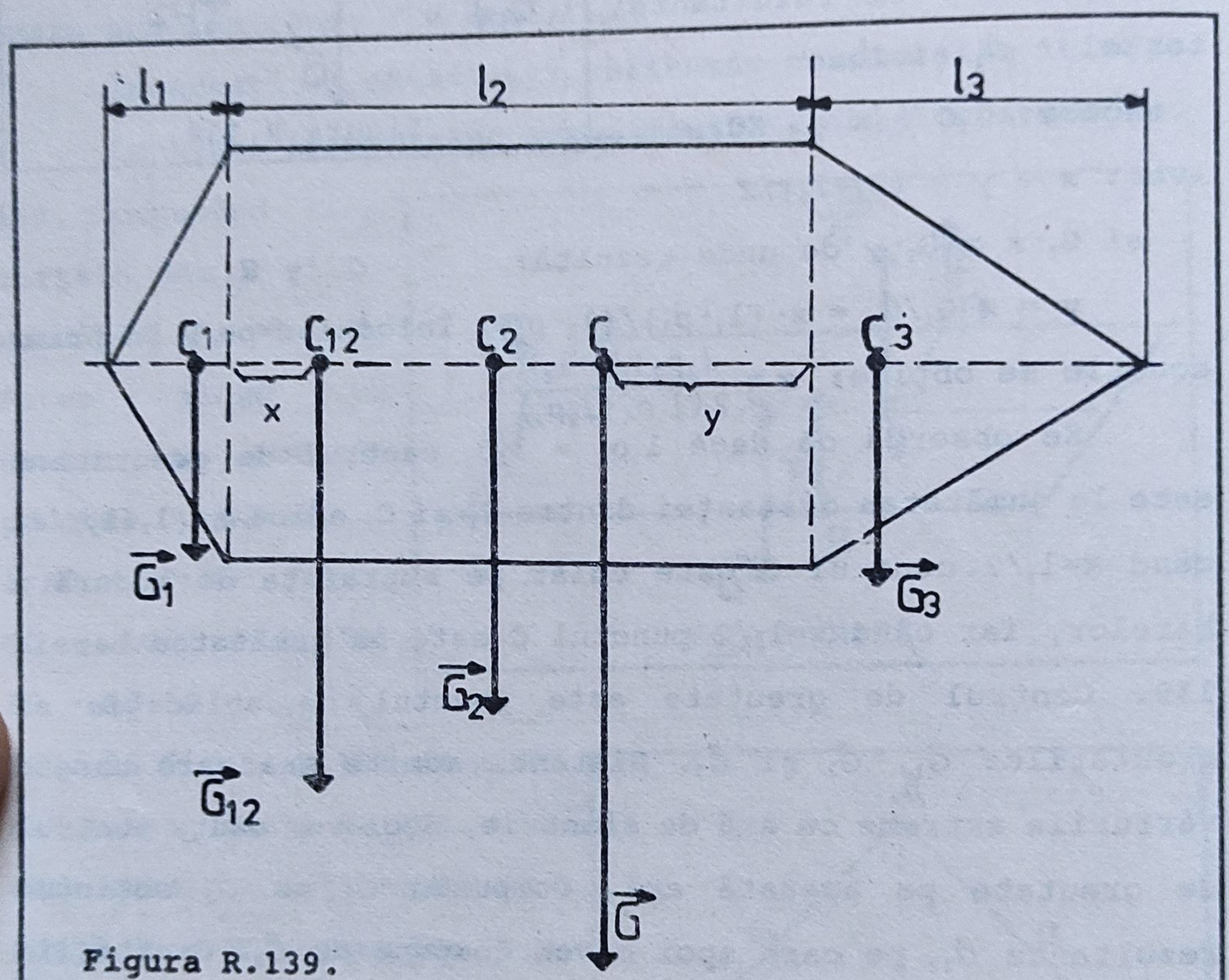


Figura R.139.

140. Placa găurită acceptă diagonala MS ca axă de simetrie; fie C centrul ei de greutate. Placa negăurită avea centrul de greutate în O iar porţiunea găurită în Q. Putem considera că greutatea $\vec{G}$ a plăcii negăurite este suma dintre greutatea plăcii găurite $\vec{G}_1$ şi greutatea porţiunii eliminate prin găurire $\vec{G}_2$. Avem deci: $G_1 \cdot x = G_2 \cdot OQ$ sau:
$G_1 \cdot x = G_2 \cdot l\sqrt{2}/4$ de unde rezultă:
$x=(G_2 \cdot l\sqrt{2})/(4 \cdot G_1)=(G_2/G_1)\cdot(l\sqrt{2}/4)$. Dar raportul greutăţilor este egal cu raportul ariilor corespunzătore:

$$\frac{G_2}{G_1} = \frac{\pi\frac{d^2}{4}}{l^2-\pi\frac{d^2}{4}} = \frac{\pi d^2}{4l^2-\pi d^2}\ ;\quad \text{rezultă:}\quad x = \frac{\pi d^2 l\sqrt{2}}{4(4l^2-\pi d^2)}$$

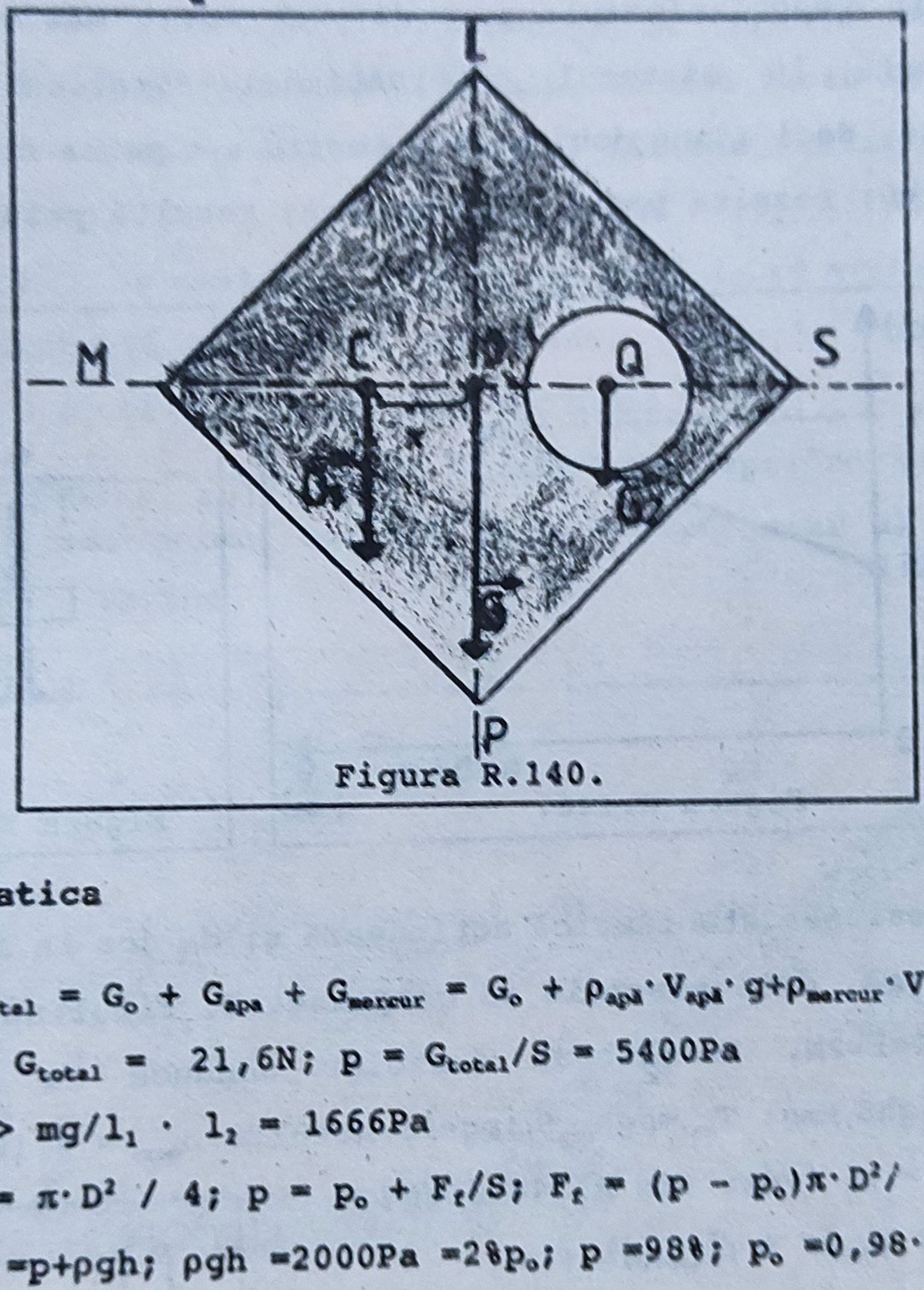


Figura R.140.

Hidrostatica

141. $G_{total} = G_o + G_{apa} + G_{mercur} = G_o + \rho_{apă} \cdot V_{apă} \cdot g + \rho_{mercur} \cdot V_{mercur} \cdot g$

Numeric $G_{total} = 21,6N$; $p = G_{total}/S = 5400Pa$

142. $p > mg/l_1 \cdot l_2 = 1666Pa$

143. $S = \pi \cdot D^2 / 4$; $p = p_o + F_t/S$; $F_t = (p - p_o)\pi \cdot D^2/4 = 283N$

144. $p_o = p + \rho gh$; $\rho gh = 2000Pa = 2\%p_o$; $p = 98\%$; $p_o = 0,98 \cdot 10^5 N/m^2$

145. Presiunea atmosferică acţionează şi din interior şi din exterior, deci efectele se compensează. Forţa rezultantă este dată numai de presiunea exercitată de apă.

Pentru capac: $F = p \cdot S = \rho g l_o a^2 = 2 \cdot 10^5 N$.

Pe fundul recipientului: $F' = \rho g(l_o + a)a^2 = 2,8 \cdot 10^5 N$

Pe pereţii laterali presiunea variază, de aceea vom lua o presiune medie, la nivelul centrului peretelui:

$$F'' = \rho g(l_o + a/2)a^2 = 2.4 \cdot 10^5 N$$

146. Vezi figura R.146.

a) $p=\rho gH$ unde: $H=h+l\cdot\sin\alpha$. Avem: $l=(p/\rho\cdot g-h)/\sin\alpha=1m$

b) $p_y=\rho g(l\cdot\sin\alpha+y)$; $p_y = 10^4(0,5 + y)$, mărimile fiind exprimate în Sistemul Internaţional. Graficul este o dreaptă, deci ajung două puncte pentru a o putea trasa; alegem: $y=0$; rezultă $p=0,5\cdot 10^4Pa$ şi $y=h$; rezultă $p=10^4Pa$.

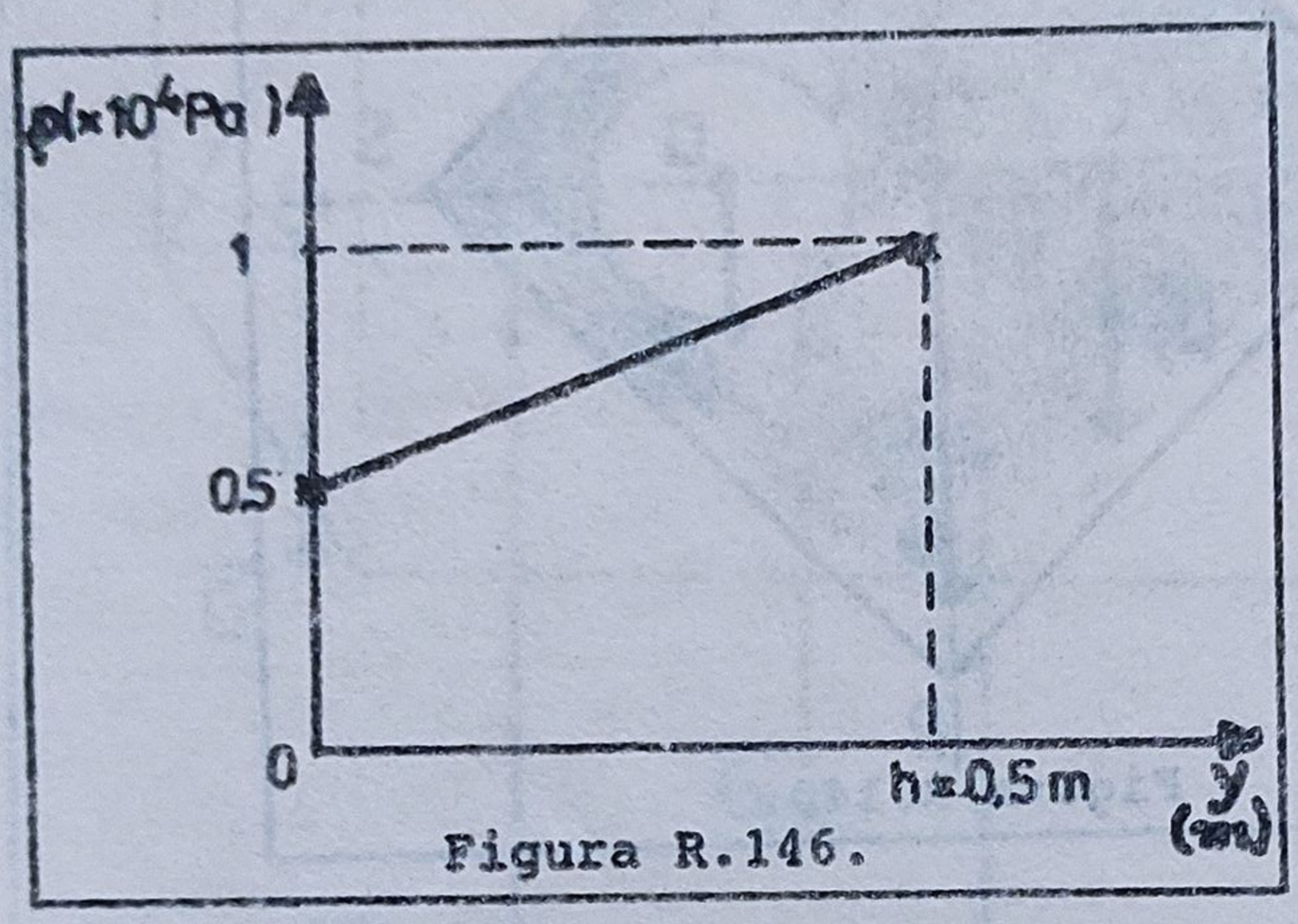


Figura R.146.

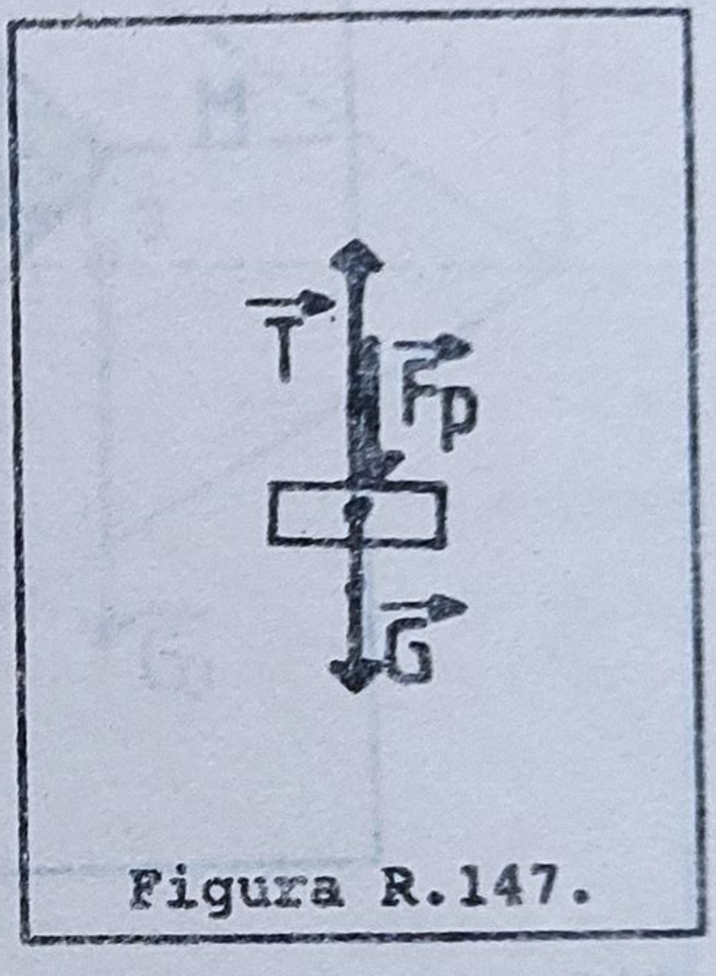


Figura R.147.

147. Presiunea atmosferică acţionează şi de jos în sus şi de sus în jos, deci efectele se compensează. Firul nu se rupe dacă: $T<F=2N$. Echilibrul forţelor conduce la relaţia:

$T=F_p+G=\rho ghS_1+mg$; $T_{max}=\rho gh_{max}S_1+mg=F$; Rezultă $h_{max} = 0,18m$.

148. $p_A = p_B$ (vezi fig R.148.) unde:

$p_A = p_o + \rho_{Hg}gx + \rho_{alcool}gl$ şi:

$p_B = p_o + \rho_{apă}\cdot g\cdot l$

Egalând presiunile rezultă:

$\rho_{Hg}\cdot x + \rho_{alcool}\cdot l = \rho_{apă}\cdot l$ de unde:

$x = l\cdot(\rho_{apă} - \rho_{alcool})/\rho_{Hg} = 4,4mm$.

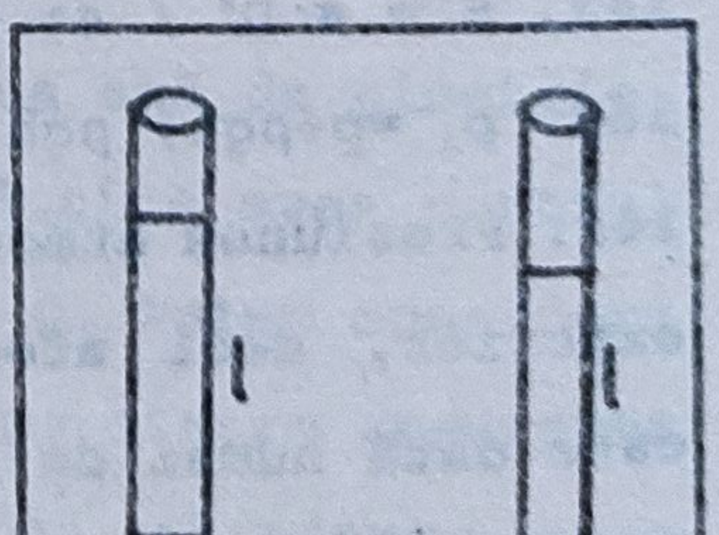


Figura R.148.

149. Datorită greutăţii, pistonul P_1 acţionează pe suprafaţa lichidului cu o presiune p_1; $p_1 = G/S = mg/S = 10^4Pa$.

Analog pistonul P_2 acţionează cu o presiune p_2; $p_2 = mg/S'$

unde: $S' = S/\sin\alpha$. Deci: $p_2 = mg\cdot\sin\alpha/S = p_1\cdot\sin\alpha = 0,707\cdot 10^4$Pa. Sistemul nu poate rămâne în echilibru pentru că la acelaşi nivel am avea presiuni diferite $p_1 \neq p_2$ ($p_1 > p_2$). Deci va trebui ca P_1 să coboare şi P_2 să urce, astfel încât să apară o denivelare h care să facă posibilă diferenţa dintre cele două presiuni: $p_1 - p_2 = pgh$. Rezultă: $h=(p_1-p_2)/pg$=30cm. Secţiunile fiind aceleaşi, pistoanele trebuie să avanseze cu aceeaşi distanţă (în lungul tuburilor). Deci: $h_2 = h_1\cdot\sin\alpha$; $h = h_1+h_2 = h_1\cdot(1+\sin\alpha)$; de unde obţinem:

$$h_1=\frac{h}{1+\sin\alpha}=\frac{p_1-p_2}{\rho g(1+\sin\alpha)}$$; în concluzie, aşezând uşor cele două pistoane, primul coboară cu $h_1 \approx$ 17,6cm iar al doilea urcă cu $h_2 \approx$ 12,3cm.

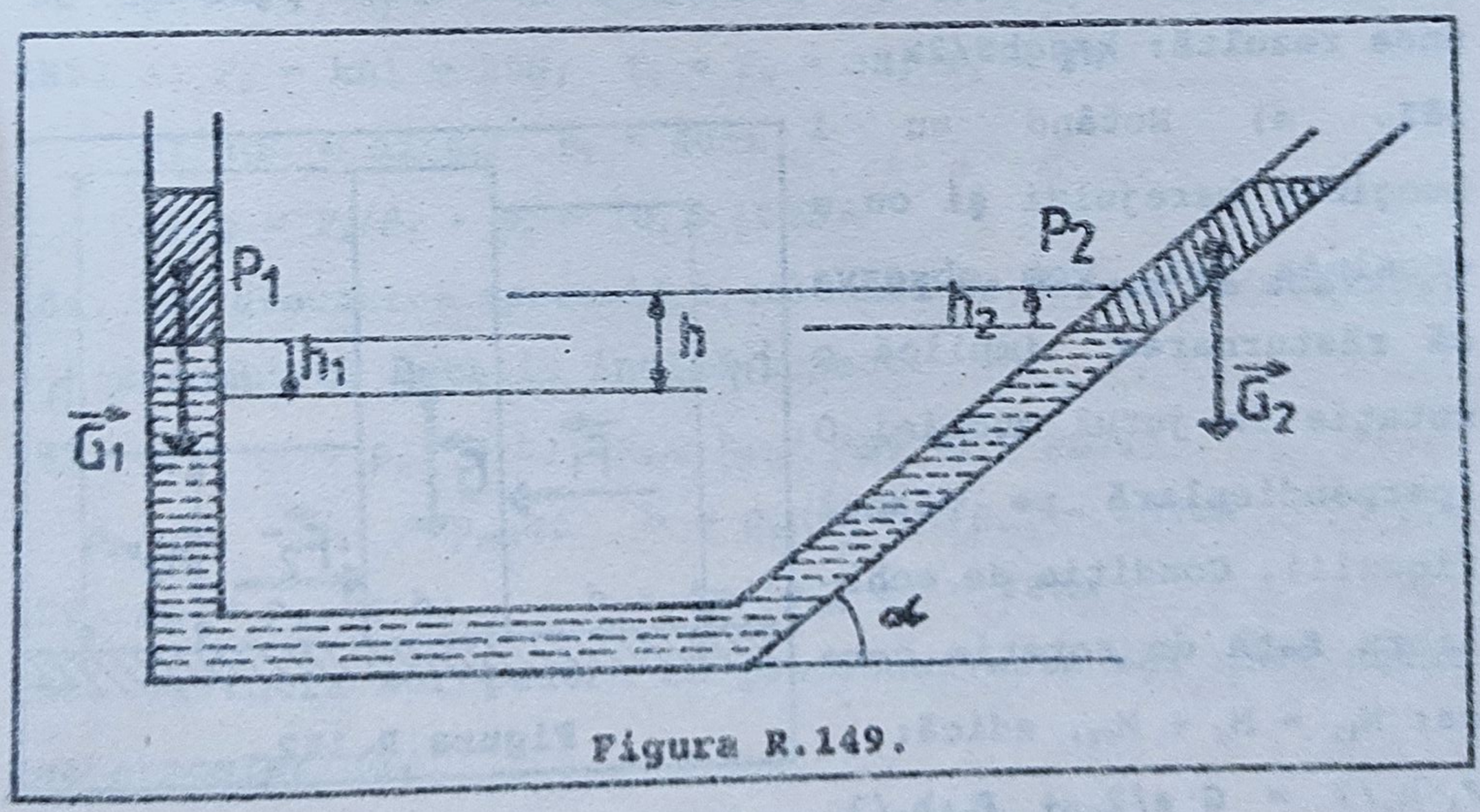


Figura R.149.

150. La nivelul capătului de jos al tubului-sifon presiunea este egală cu presiunea atmosferică p_0. La nivelul suprafeţei lichidului din vas presiunea este egală cu cea a aerului din vaş. Diferenţa celor două presiuni se datorează presiunii hidrostatice $p_0 - p = \rho gh$; $p = p_0 - \rho gh \approx 0,95$atm. Fără dopul de cauciuc scurgerea continuă până când lichidul ajunge la capătul din stânga al tubului.

151. Vezi figura R.151., unde:

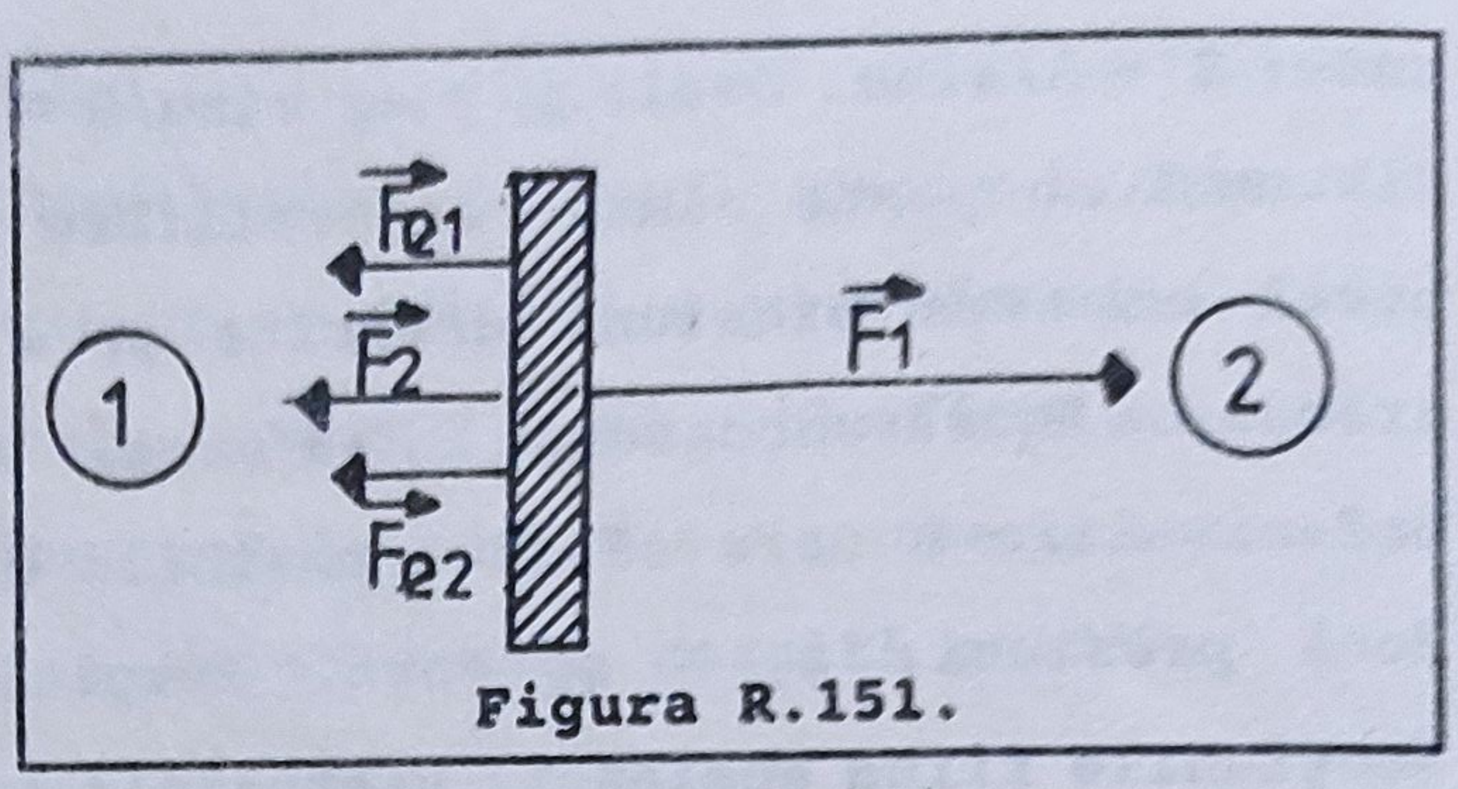


Figura R.151.

$\vec{F}_1$ este forţa datorată presiunii din compartimentul 1; $\vec{F}_2$ este forţa datorată presiunii din compartimentul 2; $\vec{F}_{e1}$ şi $\vec{F}_{e2}$ sunt forţele elastice corespunzătoare resorturilor din compartimentele 1 şi 2.

Pistonul fiind în echilibru avem:

$F_1 = F_2 + F_{e1} + F_{e2}$; $p_1 \cdot S = p_2 \cdot S + kx + kx$ sau: $(p_1 - p_2) \cdot S = 2 \cdot kx$. Dar diferenţa de presiune dintre cele două compartimente $\Delta p = p_1 - p_2$ este indicată de manometru: $\Delta p = \rho gh$. Deci avem: $\rho ghS = 2kx$ de unde rezultă: $k = \rho ghS/2x$.

152. a) Notând cu l lungimea barajului şi cu a grosimea lui, vom observa că răsturnarea implică o rotaţie în jurul muchiei O (perpendiculară pe planul figurii). Condiţia de echilibru faţă de rotaţie cere ca: $M_{F1} = M_G + M_{F2}$, adică:

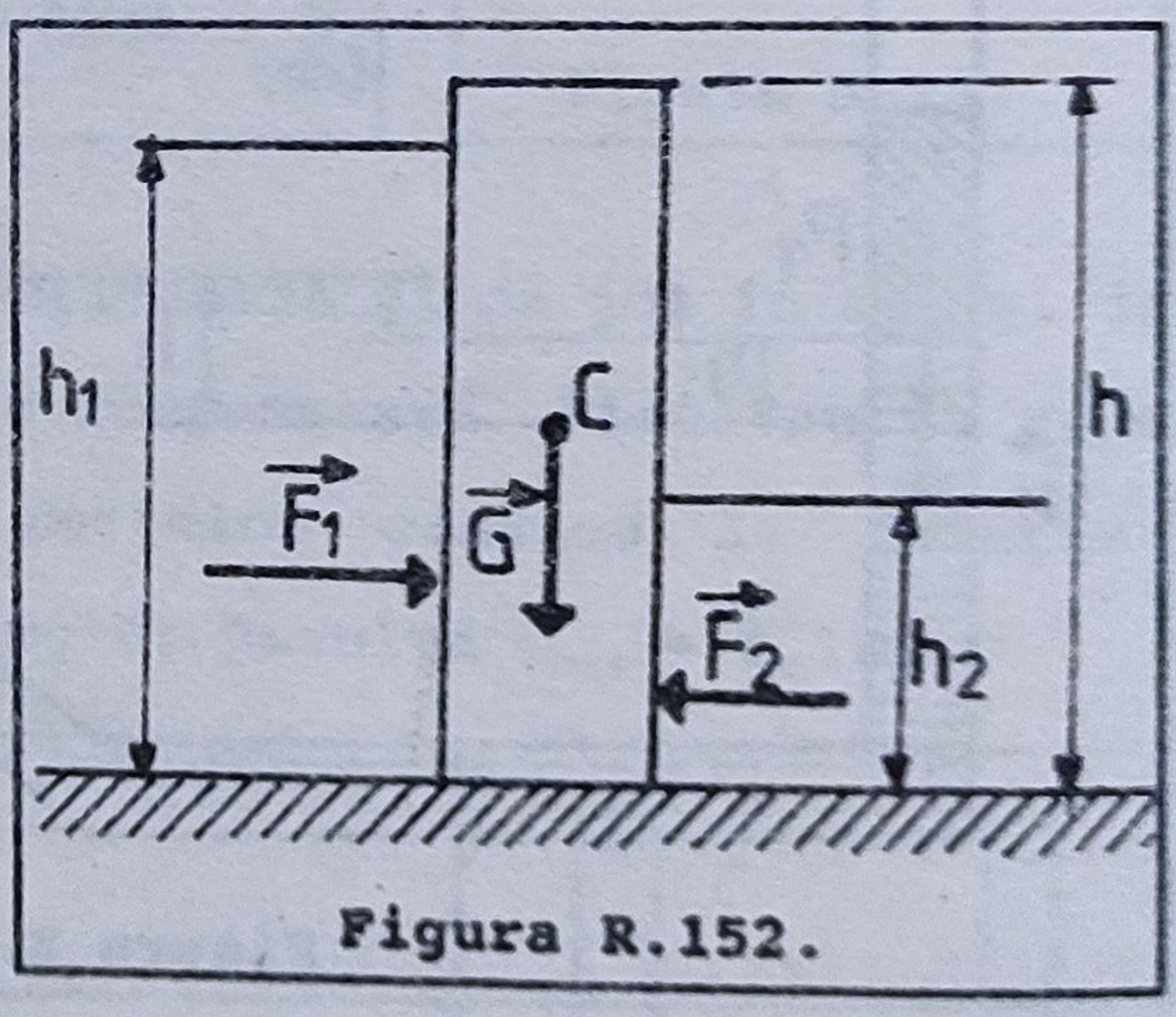


Figura R.152.

$F_1 \cdot h_1/3 = G \cdot a/2 + F_2 \cdot h_2/3$.

Cum: $F_1 = \rho_o g \cdot (h_1/2) \cdot h_1 \cdot l$

şi $F_2 = \rho_o g \cdot (h_2/2) \cdot h_2 \cdot l$ iar $G = lah\rho g$, rezultă:

$(\rho_o \cdot g \cdot h^3_1 \cdot l)/6 = (l \cdot a^2 h \cdot \rho \cdot g)/2 + (\rho_o \cdot g \cdot h^3_2 \cdot l)/6$;

$\rho_o \cdot (h^3_1 - h^3_2)/3 = \rho \cdot a^2 \cdot h$ de unde: $a = \sqrt{\frac{\rho_o (h_1^3 - h_2^3)}{3\rho h}} = 8,33m$

Rezultanta forţelor de presiune nu depinde de lungimea

lacului de acumulare.

b) Notăm cu h' adâncimea hidrocentralei faţă de nivelul apei (din amonte).

$$\eta = \frac{L_u}{L_c} = \frac{P \cdot t}{V\rho g h'}; \quad P = \frac{V\rho g h' \eta}{t} = 2250\,MW$$

c) Repetând raţionamentul pentru cazul când nivelul apei scade cu $\Delta h = 5m$ (deci $h'' = h' - \Delta h$) obţinem:

$P' = \frac{V\rho g h'' \eta}{t}$ de unde rezultă: $\frac{\Delta P}{P} = \frac{\Delta h}{h'} = 8,3\%$

153. a) $F \cdot AO = F_B \cdot BO$; $F_B = 200\ N$

b) $mg/\pi r_2^2 = F_B r_2^2/\pi r_1^2$; $m = 320kg$

c) $\eta = mg/L_{FB} = mgh/L_F$; $L_F = mgh/\eta = 3200J$

154. $$\eta = \frac{F_2 h_2}{F_1 h_1} = \frac{F_2}{F_1} \cdot \frac{S_1}{S_2}; \quad F_1 = \frac{F_2}{\eta} \cdot \frac{S_1}{S_2} = 2,5 \cdot 10^9 N$$

$P \cdot t = F_1 \cdot h_1 \cdot N$ de unde; $N = P \cdot t / F_1 \cdot h_1 = 480$apăsări

155. a) $F_2 = k\Delta l = 20N$; $F_1 = F_B = 5N$; $F_A = 2N$

b) $h_1 S_1 = \Delta l \cdot S_2$; $h_1 = 40cm$

c) $p = F_e/S_2 + p_o = 10,8 \cdot 10^4 N/m^2$

156. Nu, greutatea aparentă a coloanei de mercur se schimbă.

Barometrul metalic indică corect.

157. $p_1 = p_2 + \rho_{aer} \cdot g \cdot h$; $\rho_{Hg} g \cdot h_1 = \rho_{Hg} g \cdot h_2 + \rho_{aer} gh$

$\rho_{Hg}(h_1 - h_2) = \rho_{aer} h$; $h = \rho_{Hg}(h_2 - h_1)/\rho_{aer} = 1052m$

158. $\Delta p = \rho_{aer} \cdot g \cdot h$; $h = \Delta p/(\rho_{aer} \cdot g) = 266m$

159. Va intra aer pentru că presiunea este mai mică decât cea atmosferică.

160. Lungimea tubului ar fi de cel puţin 10m.

161. a) Presiunea aerului din tub este egală cu presiunea de la nivelul suprafeţei lichidului din tub adică cu presiunea hidrostatică de la adâncimea h-x. Avem: $p = p_o + \rho_o g(h-x)$.

b) masa de aer închisă în tub rămâne aceeaşi. Deci:

$\rho_{aer} \cdot V = \rho_{aer}' V'$; $\rho_{aer} \cdot l \cdot S = \rho_{aer}'(l-x)S$; $\rho_{aer}' = \rho_{aer} \cdot l/(l-x)$

c) acelaşi cu al lichidului din vas.

162. a) Au sensuri contrare.

b) Numai dacă centrele de greutate coincid (corpul este omogen).

163. $G = m_1 g$; $G - F_A = m_2 g$; $F_A = (m_1 - m_2)g$; $F_A = \rho_1 \cdot V \cdot g = \rho_1 \cdot g \cdot m_1/\rho$.

Egalând cele două expresii ale forţei arhimedice obţinem:

$\rho_1 = \rho \cdot (m_1 - m_2)/m_1 = 0,89 g/cm^3$

164. $G_1 - F_{A1} = G_2 - F_{A2}$; $\rho_1 V_1 g - \rho_3 V_1 g = \rho_2 V_2 g - \rho V_2 g$;

$V_1(\rho_1 - \rho_3) = V_2(\rho_2 - \rho)$; $V_1/V_2 = (\rho_2 - \rho)/\rho_1 - \rho_3) = 1$.

Deci volumele trebuie să fie egale.

165. Introduse în apă, corpurile vor avea greutăţi aparente diferite:

$G_1' = G_1 - F_{A1} = G - V_1 \rho g = G(1 - \rho/\rho_1)$ şi analog:

$G_2' = G(1 - \rho/\rho_2)$. Aplicând condiţia de echilibru a pârghiei obţinem:

$$\frac{D_1}{D_2} = \frac{G_2'}{G_1'} = \frac{1-\rho/\rho_2}{1-\rho/\rho_1} = \frac{1-\frac{1,2}{2,56}}{1-\frac{1,2}{21,5}} = 0,56$$

166. La capătul din stânga al frânghiei acţionează o forţă egală cu greutatea aparentă a corpului:

$G_A = G - F_A = mg - \rho_{alcool} \cdot g \cdot m/\rho_{Fe} = mg(1 - \rho_{alcool}/\rho_{Fe}) = 875N$

La capătul din dreapta al frânghiei acţionează reacţiunea la forţa $\vec{F}_1$; ea are o valoare ce poate fi calculată din randamentul scripetelui: $\eta = G/F_1$; $F_1 = G/\eta = 1000N$. Utilizând condiţia de echilibru a pârghiei găsim valoarea forţei F: $F \cdot SB = F_A \cdot AS$; $F = F_1 \cdot AS/SB = 250N$.

167. a) Corpul pluteşe la suprafaţa mercurului:

$G = F_A$, deci $V\rho g = 2V\rho_1 g/3$; $\rho = 2\rho_1/3 = 9066\ Kg/m^3$

b) Notăm cu x înălţimea porţiunii de corp cufundată în mercur. Porţiunea cufundată în apă va avea înălţimea (h-x).

$G = F_{A1} + F_{A2}$; $hs\rho g = xs\rho_1 g + (h-x)s\rho_2 g$;

$h\rho = x\rho_1 + (h-x)\rho_2$; $x = h(\rho - \rho_2)/(\rho_1 - \rho_2) = 28,8cm$

c) $V_1 = xs = 28,8cm^3$; $V_2 = (h-x)s = 16,2cm^3$

d) Nivelul mercurului coboară corespunzător unei scăderi de volum egale cu cea a porţiunii de corp scufundate în mercur: $\Delta h_{mercur} = V_1/S = 2,88cm$.

Nivelul apei coboară corespunzător unei scăderi de volum egale cu volumul corpului: $\Delta h_{apă} = sh/S = 4,5cm$.

168. a) $p = \frac{G}{S} = \frac{L \cdot l \cdot h \cdot \rho \cdot g}{L \cdot l} = \rho g h = 160Pa$

b) Forţa de apăsare se anulează când forţa arhimedică devine egală cu greutatea scândurii. Înălţimea apei din vas va fi egală cu înălţimea apei faţă de fundul scândurii în timpul plutirii acesteia: $L \cdot l \cdot h \cdot \rho \cdot g = L \cdot l \cdot h' \rho_{apă} \cdot g$; $h' = 1,6cm$. Pe fundul bazinului, aria acoperită de apă este: $S = d^2 - Ll = 3,96m^2$. Volumul apei care curge până la desprinderea corpului de fundul bazinului este : $V = S \cdot h' = 63,36l$. La debitul de 1l/s sunt necesare 63,36 secunde până la anularea forţei de apăsare.

c) În primele 63,36 secunde forţa arhimedică va creşte de la 0 la o valoare egală cu greutatea corpului, apoi rămâne constantă. Pentru primul interval de timp vom considera o forţă medie (aritmetică) care îşi deplasează punctul de aplicaţie de la fundul vasului până la jumătatea înălţimii volumului de lichid dezlocuit.

$L_1 = (G/2) \cdot (h'/2) = (6,4N/2) \cdot 8mm = 25,6mJ$

În intervalul următor de 32s curg 32l de apă, deci nivelul apei în bazin se ridică cu:

$\Delta h = 32 \cdot 10^{-3}m^3/4m^2 = 8 \cdot 10^{-3}m = 8mm$.

Forţa arhimedică efectuează lucrul mecanic :

$L_2 = F_A \cdot \Delta h = G \cdot \Delta h = 6,4N \cdot 8 \cdot 10^{-3}m = 51,2mJ$

Lucrul mecanic total este : $L = L_1 + L_2 = 76,8mJ$

d) Corpul se răstoarnă şi pluteşte pe faţa care are

aria cea mai mare (echilibrul este instabil pentru că centrul de greutate este deasupra centrului de presiune; echilibrul stabil se realizează în cazul când energia potenţială este minimă, adică atunci când centrul de greutate al corpului este cât mai aproape de suprafaţa apei).

169. a) $F = p \cdot S = \rho g h S = 675N$

b) $F_A = G$; $\rho S_1 h_1 g = 2\rho_m S_1 h_1 g/3$; $\rho = 2/3 \cdot \rho_m = 9g/cm^3$

c) $G = F_{A1} + F_{A2}$; $\rho S_1 h_1 g = \rho_m S_1 x g + \rho_a S_1 (h_1 - x) g$

$x = h_1(\rho - \rho_a)/(\rho_m - \rho_a) = 28,8$ cm

170. a) $p = \frac{G}{S} = \frac{mg}{l^2}$; $l = \sqrt{\frac{mg}{p}} = 0,2m$

b) $G + G_1 = F_A$; $m_1 = \rho_{apă} l^3 - m = 7,2kg$

c) În starea iniţială: $V_{apă} + V_{cub} = S\ h_1$

În starea finală : $V_{apă} + V_{cub}' + V_1 = S \cdot h_2$

Scăzând relaţiile membru cu membru şi efectuând calculele rezultă: $\Delta h = h_2 - h_1 = (V_{cub}' + V_1 - V_{cub})/S$

$V_{cub} = l^3$; $V_1 = m_1/\rho_1$; $V_{cub}' = l^3 \cdot \rho_{cub}/\rho_{apă}$. Numeric $\Delta h = 1cm$.

171. a) $mg = F_{A1} + F_{A2} = l^2\ h\ \rho_{apă}\ g + l^2(1-h) \cdot \rho_{ulei} g$

$m = l^2 \cdot [h\ \rho_{apă} + (1-h)\ \rho_{ulei}] = 0,72kg$

b) $F_A = \Delta p S$; $\Delta p = F_A/l^2 = mg/l^2 = 720N/m^2$

c) $(m + m_{pb})g = (V + V_{pb})\rho_{apă} g$

$(m + \rho_{pb} V_{pb}) = (l^3 + V_{pb}) \cdot \rho_{apă} = 27cm^3$

172. a) $h = v \cdot t = 2m/s \cdot 5 \cdot 60s = 600m$

b) $F_r + G_{total} = F_A$

$G_{total} = G_b + G_s + G_u = 33,2N$

$F_A = V\rho_{aer} g = 52N$;

$F_r' = F_A - G_{total} = 18,8N$

c) Vezi fig. R.172.

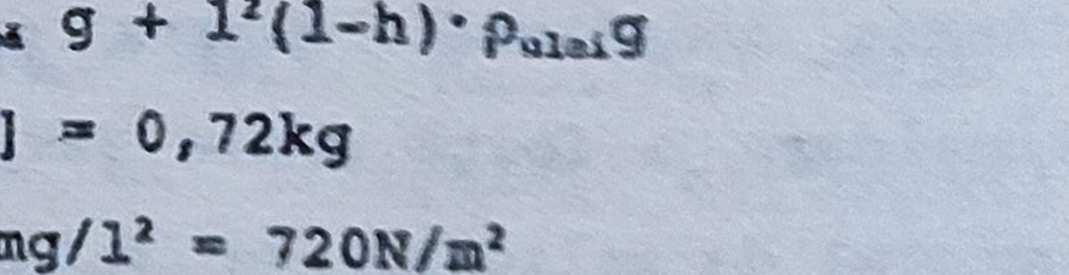


Figura R.172.

173. a) $V=40cm^3$; $m=\rho_{Al}\ V=0,12kg$

b) $R = G_2 - F_A = m_2g\ (1-\rho_{apă}/\rho_{Al})$; $G_{1t} = G_1\sin\alpha = m_1g/2$;

$G_{1t} = R/2 = m_2g(1 - \rho_{apă}/\rho_{Al})/2$

$m_1 = m_2\ (1 - \rho_{apă}/\rho_{Al})$; $m_1 + m_2 = m$

Obţinem: $m_2 = (3/5)m$, deci: $l_2 = (3/5)\cdot 10cm = 6cm$ şi $l_1 = 4cm$

c) $G_{1t} = (2/5)\cdot mg\cdot(1/2) = 0,24N$; $F_e = G_{1t}$; $\Delta l = 8mm$

174. a) Calculăm greutăţile aparente ale celor două corpuri:

$G_{1A} = G_1 - F_{A1} = m_1g - \rho_A g m_1/\rho_1 = 68N$

$G_{2A} = G_2 - F_{A2}' - F_{A2}'' = m_2g - \rho_A g m_2/2\rho_2 \rightarrow \rho_B g m_2/2\rho_2 = 20N$

$G_{1A}\cdot MO = G_{2A}\ (l - MO)$; $MO = 1,13m$

b) Latura bazinului este: a=0,4m iar a cubului de masă

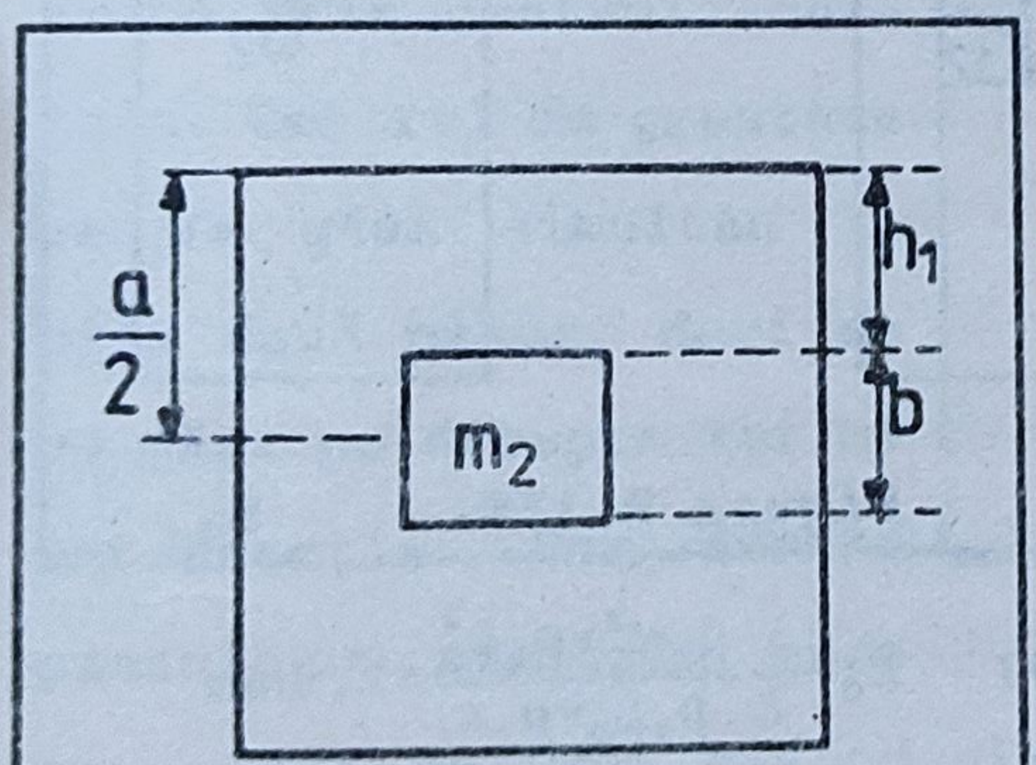


Figura R.174.b.

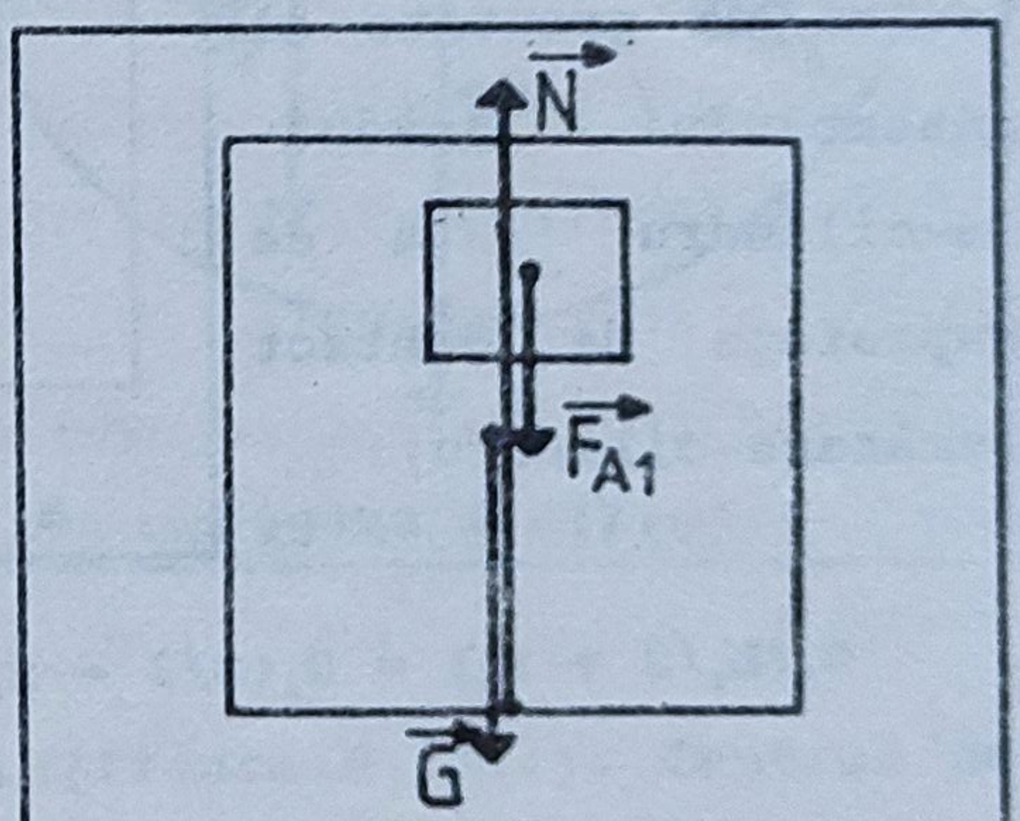


Figura R.174.c.

m_2 este b=0,1 m. $p_{sup}=p_o+\rho_B g h_1=p_o+\rho g(a/2-b/2)=100900N/m^2$

$p_{inf}=p_o+\rho_B g\cdot a/2+\rho_A g\cdot b/2=101500\ N/m^2$

c) $N=G+F_{A1}$ unde G este greutatea apei din bazinul A (G=630N) iar F_{A1} este reacţiunea la forţa arhimedică (F_{A1} = =10N). Deci: N=640N.

175. a) Vezi fig. R.175.a. $F_A=G_1+G_2$; $L_o(\rho_o-\rho_1)-l\rho_o=x(\rho_2-\rho_o)$

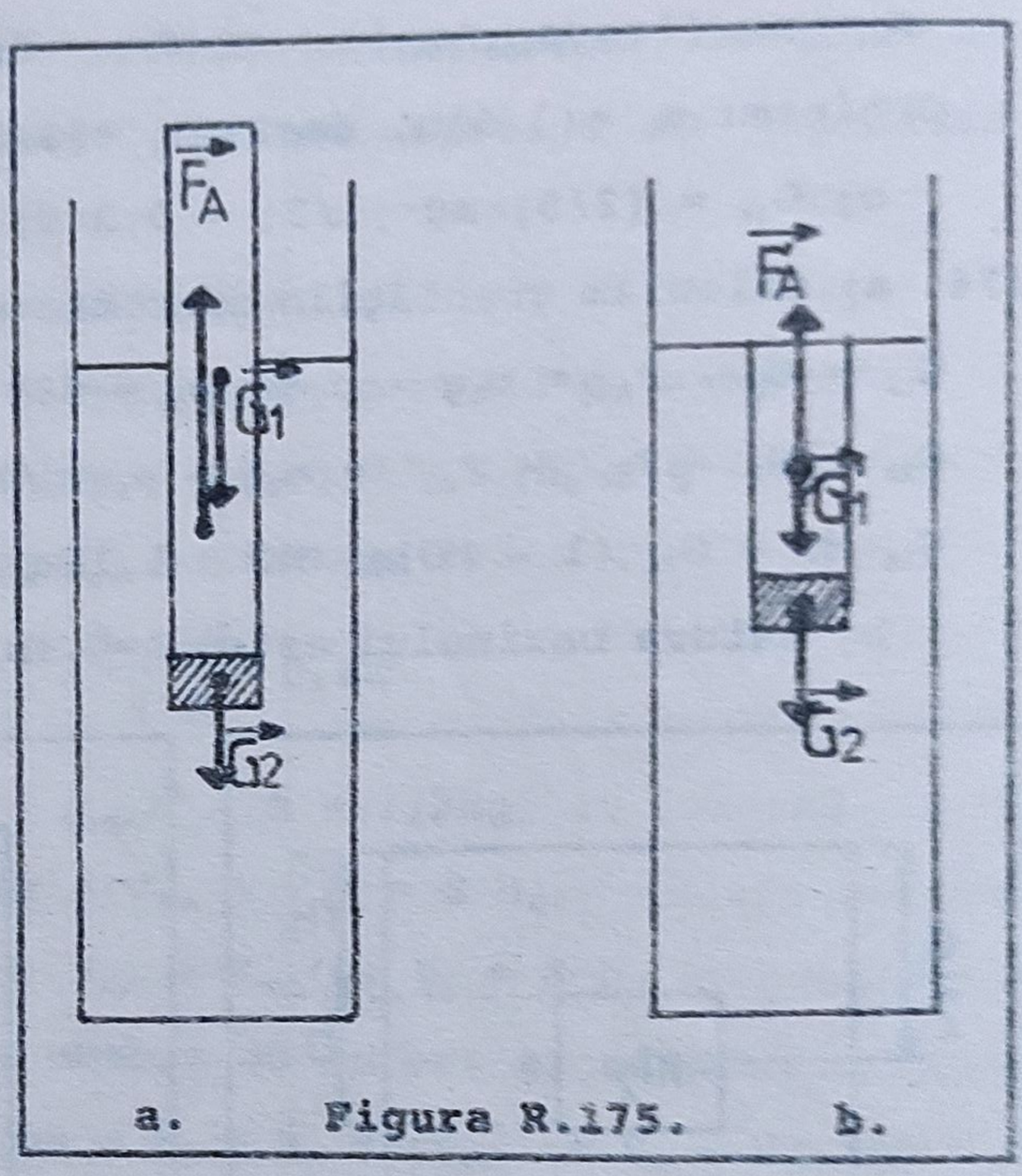
$$x=\frac{L_o(\rho_o-\rho_1)-l\rho_o}{\rho_2-\rho_o}=\frac{\frac{L_o}{2}(\rho_o-2\rho_1)}{\rho_2-\rho_o}=8mm$$

b) Vezi figura R.175.b.: $F_A' = G_1' + G_2$

$(L' + x)\rho_o = x\rho_2 + L'\rho_1 \quad L' = x(\rho_2 - \rho_o)/(\rho_o - \rho_1)$

$L_o - L' = v \cdot t; \; t = (L_o - L')/v = 26666s = 7h24min26s$

c) Lumânarea nu se răstoarnă dacă centrul de greutate al ansamblului lumânare-cilindru este situat sub punctul de aplicaţie al forţei arhimedice. Să determinăm poziţia centrului de greutate al ansamblului lumânare-cilindru (faţă de suprafaţa de contact lumânare-cilindru):



a. Figura R.175. b.

$G_1(L_o/2 + x_o) = G_2(x/2 - x_o); \quad x_c = \frac{1}{2}\frac{\rho_2 x^2 - \rho_1 L_o^2}{\rho_1 L_o + \rho_2 x} \approx 1,4mm$

176. a) Notăm cu F_{asc} forţa ascensională (rezultanta dintre forţa arhimedică şi greutatea corpului):

$F_{asc} = F_A - G = (\rho_o gm/\rho) - (mg) = mg(\rho_o/\rho - 1)$

Componenta tangenţială F_t a forţei ascensionale este:

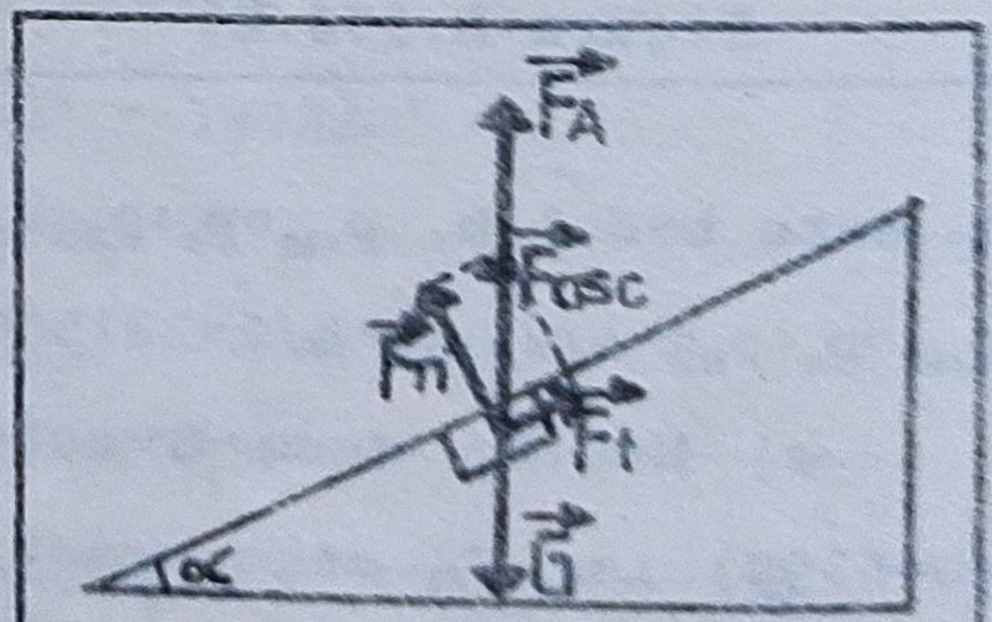


Figura R.176.

$F_t = F_{asc} \sin\alpha = mg \cdot (\rho_o/\rho - 1) \cdot h/l; \quad F_1 = F_t + F_c$

$F_2 = F_t - F_c$, rezultă $F_t = (F_1 + F_2)/2$

b) $F_1 - F_2 = 2 \cdot F_c = 2 \cdot G \cdot (\rho_o/\rho - 1) \cdot h/l$; obţinem:

$$G = \frac{\rho l (F_1 - F_2)}{2(\rho_o - \rho)h}$$

177. a) $\rho_1 = m/V = 1200 kg/m^3$

b) $\rho_2 = \frac{m}{V - V_{gol}} = \frac{m}{V - V/5} = \frac{5m}{4V} = 1,25\rho_1 = 1500 kg/m^3$

c) $G_{ap} = G - F_a = mg - V \cdot \rho \cdot g = 60N - 50N = 10N$

d) Bucata rămasă prezintă două elemente de simetrie:

- planul diametral care trece prin O şi O';

- planul paralel cu bazele cilindrului care trece prin centrul acestuia. Centrul de greutate se va găsi simultan în cele două plane, deci se va găsi pe dreapta lor de intersecţie. Vom desena planul de simetrie care trce prin centrul cilindrului (figura R.177.). Centrul de greutate va fi pe dreapta OO' în stânga punctului O. Notăm cu $\vec{G}$ greutatea iniţială a caşcavalului, cu $\vec{G}_1$ greutatea porţiunii consumate de Jerry şi cu $\vec{G}_2$ greutatea caşcavalului rămas (lui Tom!).

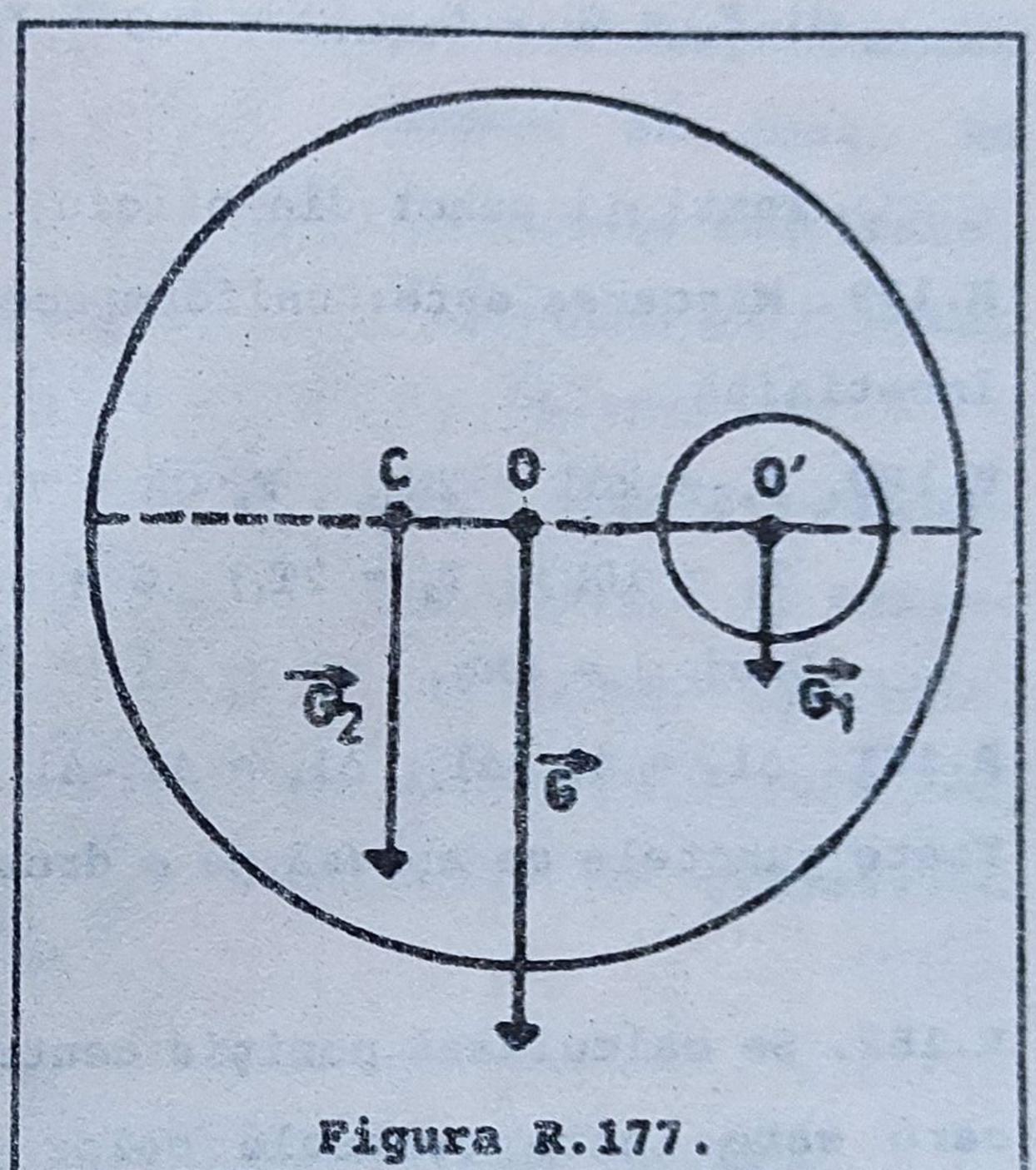


Figura R.177.

Putem considera greutatea $\vec{G}$ ca rezultanta greutăţilor $\vec{G}_1$ şi $\vec{G}_2$, deci putem scrie relaţia $G_2 \cdot CO = G_1 \cdot OO'$ (1)

Vom exprima greutăţile G_1 şi G_2 în funcţie de greutatea G plecând de la raportul: $\frac{G_1}{G} = \frac{\pi r^2 h}{\pi R^2 h} = \frac{r^2}{R^2} = \frac{(R/4)^2}{R^2} = 1/16$; obţinem $G_1 = G/16$ şi atunci: $G_2 = (15/16)G$. Înlocuind aceste greutăţi în relaţia (1) rezultă $CO \cdot 15G/16 = OO' \cdot G/16$. Deci: $CO = OO'/15 = R/30 = 3,33mm$.

178. a) $F_{e1} = G_{t1} = m_1 \cdot g \cdot h/l = 2N$; $\Delta l_1 = F_{e1}/k_1 = 2cm$

b) $F_{e2} = G_{t2} + F_{ef} = G_{t2} + G_{t1} = 7N$; $k_2 = F_{e2}/\Delta l_2 = 28N/m$

c) $F_A = F_{e2} = 7N$; $F_A \cdot AC = F_B \cdot BC$; $F_A \cdot AC = F_B(AC - a)$.

Rezultă: AC = 10cm

d) $F_A = G_3 - G_{3aparent} = m_3 g - F_B = 20N$.

Test: (1 punct din oficiu)

R.179. Mişcarea este: uniform accelerată; uniformă; uniform încetinită. (1 punct)

R.180. $F_e = k\Delta l = 2N$; $F_e \cdot OA = T_1 \cdot OB$ de unde rezultă:

$T_1 = 10N$; $T_2 = 2T_1$; $G = mg = 2T_3 = 8T_1 = 80N$;

Deci m = 8kg. (2 puncte)

R.181. $\Delta l_3 = \Delta l_1 + \Delta l_2$; $\Delta l_4 = \Delta l_2 - \Delta l_1$, $\Delta l_5 = \Delta l_3 + \Delta l_4 = 2\Delta l_2$

Toate punctele se aşează pe o dreaptă ce trece prin origine. (2 puncte)

R.182. Se calculează poziţia centrului de greutate al piesei care este între centrele celor două cuburi, la 7,4cm de suprafaţa cubului mai greu; Se pune condiţia: $M_r = M_G$

a) şi b) F este aceeaşi; F = G/4 = 25N (1 punct)

c) 12,6F = 5G; F = 39,6N (0,5 puncte)

d) 7,4F = 5G; F = 67,5N (0,5 puncte)

R.183. $F_{e1} = 40N$; $T_{BD} = 20N$; $T_{fir} = 5N$; R = 10N; (1 punct)

a) $\Delta l_2 = 2cm$ (0,5 puncte)

b) m = 1kg (0,5 puncte)

RECOMANDĂRI FINALE:

În cazul problemei P.178, gândiţi-vă să luaţi în considerare frecarea; o modalitate, pe care o sugerăm noi, este de a da o valoare potrivită coeficientului de frecare (μ=0,1) şi de a cere valorile masei m, pentru care sistemul

este în echilibru (restul datelor rămânând aceleaşi); alte modalităţi încercaţi să le găsiţi voi înşivă. La P.182 gândiţi-vă care ar fi lucrul mecanic necesar răsturnării piesei în fiecare din cele patru situaţii.

În general, dacă aţi reuşit să rezolvaţi singuri marea majoritate a problemelor, puteţi încerca să luaţi în considerare aspecte noi şi să generalizaţi unele rezultate.

Veţi ajunge astfel să gândiţi mai profund şi treptat să formulaţi singuri întrebări şi chiar probleme noi.

Arătaţi colegilor şi profesorului de fizică încercările voastre. Reuşitele deosebite se pot publica în revistele de fizică; fiţi convinşi că acest lucru este posibil!

Autorii cărţii vor fi bucuroşi şi onoraţi dacă vor primi astfel de încercări (sau orice fel de observaţii privind îmbunătăţirea lucrării).

VĂ RECOMANDĂM PERSEVERENŢĂ ŞI VĂ DORIM MULT SUCCES!

Adresa noastră este:
LICEUL NAŢIONAL
str. Arcu nr.4
6600 IAŞI

Această carte este rodul colaborării în cadrul „Proiectului pentru îmbogățirea învățării fizicii", cu sprijin din partea Ministerului Învățământului, Fundației Soros și Christopher Clark.

ISBN 973-95852-7-2